

**Studien zum Phosphor-Stoffwechsel
von Kälbern
während der Futterumstellung**

Max Feuchter

1902

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie
und Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter Leitung von Prof. Dr. J. Gropp

STUDIEN ZUM PHOSPHOR - STOFFWECHSEL
VON KÄLBERN
WÄHREND DER FUTTERUMSTELLUNG

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Max Feuchter
aus
Hopfengarten

München
1982

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan:	Prof. Dr. G. Terplan
Referent:	Prof. Dr. J. Gropp
Korreferent:	Prof. Dr. J. Meyer

Tag der Promotion: 30. Juli 1982



I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
1 EINLEITUNG	1
2 LITERATURÜBERSICHT	2
2.1 Phosphorstoffwechsel	2
2.1.1 Phosphorbedarf	2
2.1.2 Anorganisches Phosphat im Blutplasma	4
2.1.2.1 Phosphorzufuhr und Phosphor im Blutplasma	5
2.1.2.2 Altersabhängigkeit des Plasma- Phosphat- spiegels	6
2.1.2.3 Geschlechtseinfluß auf den Plasma- Phos- phatspiegel	9
2.1.3 Phosphorabsorption aus dem Verdauungstrakt	9
2.1.4 Phosphorausscheidung	13
2.1.4.1 Ausscheidung in den Fäces	13
2.1.4.2 Ausscheidung im Harn	14
2.1.4.2.1 Ruminierende Wiederkäuer	14
2.1.4.2.2 Milch- bzw. milchaustauschernährte Rinder	17
2.1.4.3 Ausscheidung über die Milch	18
2.1.5 Speichelphosphor	18
2.2 Weiter fütterungsbedingte Veränderungen im Phosphorstoffwechsel	20
2.3 Phosphorstoffwechsel während der Umstellung	23
3 EIGENE UNTERSUCHUNGEN	24
3.1 Versuchspläne	25
3.1.1 Versuch I	25
3.1.2 Versuch II	25
3.1.3 Versuch III	25
3.1.4 Versuch IV	26
3.2 Material und Methoden	26
3.2.1 Versuchstiere	26
3.2.1.1 Haltung der Versuchstiere	26
3.2.1.2 Fütterung der Versuchstiere	27
3.2.1.2.1 Zusammensetzung der verwendeten Futter- mittel	27

3.2.1.2.2	Fütterung im Versuch I	33
3.2.1.2.3	Fütterung im Versuch II	35
3.2.1.2.4	Fütterung im Versuch III	35
3.2.1.2.5	Fütterung im Versuch IV	36
3.2.2	Versuchsdurchführung	37
3.2.2.1	Probennahme	37
3.2.2.1.1	Blut - Blutplasma	40
3.2.2.1.2	Spontanharn	40
3.2.2.1.3	Sammelharn	41
3.2.2.1.4	Speichel	41
3.2.3	Analytische Methoden	42
3.2.3.1	Phosphorbestimmung	42
3.2.3.2	Calciumbestimmung	42
3.2.3.3	Glucosebestimmung	43
3.2.3.4	Kreatininbestimmung	44
3.3	Versuchsverlauf	44
3.4	Versuchsauswertung	45
3.5	Ergebnisse	46
3.5.1	Versuch I	46
3.5.1.1	Lebendmassezunahme	46
3.5.1.2	Futterverzehr und Calcium- Phosphor- Aufnahme	46
3.5.1.3	pH- Werte im Spontanharn	50
3.5.1.4	Renale Calcium- und Phosphor- Ausscheidung	52
3.5.1.5	Calcium- und Phosphorgehalt im Speichel	58
3.5.1.6	Calcium- und Phosphorkonzentration im Blutplasma	60
3.5.1.7	Glucosekonzentration im Blut	62
3.5.2	Versuch II	63
3.5.2.1	Lebendmassezunahme	63
3.5.2.2	Futterverzehr und Calcium- Phosphor- Aufnahme	63
3.5.2.3	pH- Werte im Spontanharn	65
3.5.2.4	Renale Calcium- und Phosphor- Ausscheidung	66
3.5.2.5	Calcium- und Phosphorgehalt im Speichel	70
3.5.2.6	Calcium- und Phosphorkonzentration im Blutplasma	70

	Seite
3.5.2.7 Glucosekonzentration im Blut	71
3.5.3 Versuch III	72
3.5.3.1 Lebendmassezunahme	72
3.5.3.2 Futterverzehr und Calcium- Phosphor- Aufnahme	72
3.5.3.3 pH- Werte im Spontanharn	73
3.5.3.4 Renale Calcium- und Phosphor- Ausscheidung	74
3.5.3.5 Calcium- und Phosphorgehalt im Speichel	77
3.5.3.6 Calcium- und Phosphorkonzentration im Blutplasma	78
3.5.3.7 Glucosekonzentration im Blut	79
3.5.4 Versuch IV	80
3.5.4.1 Lebendmassezunahme	80
3.5.4.2 Futterverzehr und Calcium- Phosphor- Aufnahme	80
3.5.4.3 pH- Werte im Spontanharn	82
3.5.4.4 Renale Calcium- und Phosphor- Ausscheidung	83
3.5.4.5 Calcium- und Phosphorgehalt im Speichel	84
3.5.4.6 Calcium- und Phosphorkonzentration im Blutplasma	85
3.5.4.7 Glucosekonzentration im Blut	85
4 DISKUSSION	86
4.1 Phosphor im Speichel	86
4.1.1 Phosphorgehalt im Speichel und im Blutplasma	93
4.2 Renale Phosphor- Ausscheidung	95
4.2.1 Speichelphosphor und Phosphor im Harn	98
4.2.2 Plasmaphosphor und Phosphor im Harn	100
4.3 pH- Werte im Harn	101
4.4 Calcium	103
5 ZUSAMMENFASSUNG	105
SUMMARY	108
6 LITERATURVERZEICHNIS	110
7 ANHANG	124

1. EINLEITUNG

Im Phosphorstoffwechsel von Milchkälbern und ruminierenden Wiederkäuern bestehen erhebliche Unterschiede qualitativer und quantitativer Art.

Dies wird besonders deutlich an der P- Sekretion der Speicheldrüsen und bei der renalen P- Ausscheidung.

Beim Wiederkäuer bedingen hohe Sekretionsraten der Parotiden sowie gegenüber dem Säuglingsstatus erhöhte P- Konzentrationen im Speichel einen erheblichen endogenen P- Zufluß in das Gastrointestinalum, welcher die P- Zufuhr über die Nahrung in der Regel übersteigt. Damit dürfte im Zusammenhang stehen, daß beim Wiederkäuer nicht retinierter Phosphor nahezu ausschließlich über den Darm ausgeschieden wird, während beim Milchkalb die Nieren das Hauptausscheidungsorgan für Phosphor darstellen.

Diese Unterschiede ergeben sich meist aber nur aus Gegenüberstellungen von Befunden an jungen milchernährten und älteren ruminierenden Tieren.

Von besonderem Interesse scheint daher ein Vergleich der genannten Kriterien bei gleichalterigen Tieren mit verschiedenem Ernährungsstatus (Milchkalb : Aufzuchtalb) sowie die Entwicklung dieser Parameter allein in Abhängigkeit vom Alter bzw. Fütterungsregime.

Die vorliegenden Untersuchungen sollten zu einer Abklärung von Teilfragen der genannten Aspekte beitragen.

Die Versuche befaßten sich in der Hauptsache mit dem Einfluß der Umstellungsphase, den Auswirkungen von P- Zulagen zur Ration sowie dem Einfluß unterschiedlicher Futterstruktur auf den Phosphorstoffwechsel.

2. L I T E R A T U R Ü B E R S I C H T

2.1 Phosphorstoffwechsel

Wie aus Ganzkörperanalysen von SCHULZ et al. (1974) hervorgeht, enthält der Tierkörper von Rindern im Mittel 6,9 g Phosphor/kg LM.

80 - 84 % des gesamten Körperphosphors finden sich im Skelett, 12 - 14 % in der Muskulatur. Der Rest verteilt sich auf Innereien, Fettgewebe, Haut und Blut (SCHULZ et al., 1974; NEESSE und KIRCHGESSNER, 1976).

Während Phosphor im Knochen überwiegend als Hydroxylapatit, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, vorliegt, ist ein großer Teil des Phosphors in der Muskulatur Bestandteil organischer Verbindungen.

Zwischen den einzelnen Phosphat- Pools extra- und intrazellulärer Natur besteht ein Fließgleichgewicht.

2.1.1 Phosphorbedarf

Die Angaben über den P- Bedarf des Rindes variieren auch heute noch sehr stark. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß aus Mangel an exakten Daten (BECKER, 1971) eine faktorielle Bedarfsberechnung noch nicht möglich ist und daß auch einige Wechselbeziehungen des P- Stoffwechsels ungeklärt sind (IRVING, 1973). Über einige Bedarfszahlen verschiedener Autoren informiert Tabelle 1.

WISE et al. (1958) erzielten in Versuchen an 40 Holstein- Bullkälbern im Alter von 12 - 18 Wochen (LM 90 - 120 kg) höchste Zunahmen bei einer P- Konzentration von 0,22 % in der Futter- TS. Unter Einbeziehung eines Sicherheitsfaktors erachten sie 0,3 % Phosphor in der Futter- TS als ausreichend für die praktische Fütterung in der Jungbullenmast.

Hinsichtlich der P- Absorption aus dem Darm bestehen zwischen milchernährten und wiederkäuergerecht (d.h. mit hohem Rauhfutteranteil) gefütterten Tieren erhebliche Unterschiede. Während bei Milchkälbern und -lämmern mit einer wahren P- Absorption von 93 - 98 % gerechnet werden darf (LOFGREEN et al., 1952; WALKER, 1972), sinkt dieser Koeffizient beim erwachsenen Tier auf ca. 60 % (BECKER, 1971; Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere, 1978).

Nach den Empfehlungen zur Mineralstoffversorgung des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere liegt der Nettobedarf für die Erhaltung in der gleichen Höhe wie die endogenen Verluste, pro kg LM und Tag ca. 24 mg Phosphor. Der Nettobedarf für Leistung (Ansatz, Milchproduktion) hängt von der Leistungshöhe ab. Für 1 kg Körperzuwachs sind ca. 7 g Phosphor erforderlich; pro kg Milch wird etwa 1 g Phosphor ausgeschieden.

Der P- Bedarf wird durch das Ca/P- Verhältnis in der Ration offensichtlich nur geringfügig beeinflusst. So fanden WISE et al. (1963) bei 45 Hereford- Kälbern ($\emptyset$ LM 114 kg) befriedigende Wachstumsraten und Futterverwertung bei Ca/P- Verhältnissen von 1 : 1 bis 7 : 1. Dabei stellten sich die negativen Auswirkungen auf Zunahmen und Futterverwertung beim Unterschreiten dieses Verhältnisses wesentlich gravierender dar als beim Überschreiten.

Beste Absorptionswerte sowie optimale Retention und Verwertung von Calcium und Phosphor fanden RICKETTS et al. (1970) bei 6 Holstein- Frisian- Ochsen im Gewichtsabschnitt zwischen 90 und 104 kg bei einem Ca/P- Verhältnis von 1 : 1. Phosphordefizit in der Nahrung führt zu verminderter Futteraufnahme und zu geringeren Zuwachsraten. Besteht ein solches Defizit über längere Zeit, entwickeln sich Krankheitsbilder wie Rachitis oder Osteomalazie.

Beim Auftreten derartiger Mangelsymptome sind aber immer mögliche Interaktionen mit der Calcium- und Vitamin D₃- Versorgung zu prüfen.

Tabelle 1: Der Phosphorbedarf bei Kälbern und Jungrindern
in g/Tag
verschiedene Empfehlungen

Quelle Ration	LM in kg	P- Bedarf		
		1,	2,	3,
Milch	50		5	12
Milch	100		8	13
Milch	150		11	14
Rauhfutter	50		4	12
Rauhfutter	100	14	10	13
Rauhfutter	150	17	14	14
Rauhfutter	200	19	16	15
Rauhfutter	250	23	18	18

Quellen: 1, Ausschuß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für
Ernährungsphysiologie der Haustiere, (1978)
2, National Research Council Washington, (1971)
3, Agriculture Research Council London, (1965)

2.1.2 Anorganisches Phosphat im Blutplasma

Zahlreiche Arbeiten über den Phosphatspiegel im Vollblut, Blutserum oder Blutplasma, sowie dessen Beeinflussung durch verschiedenste Faktoren liegen vor. Die untersuchten Faktoren sind in der Hauptsache Art und Höhe der P- Versorgung, Alter, Geschlecht, Trächtigkeit, Laktation, Jahreszeit, Rasse und Abstammung.

Endgültige Klarheit über das Ausmaß und die Richtung der meisten Einflüsse besteht jedoch nicht.

Nach SIGGARD - ANDERSEN (1976) liegt das anorganische Phosphat im Blutplasma bei einem physiologischen pH-Wert von 7,4 zu 80 % als HPO_4^{--} und zu 20 % als H_2PO_4^- vor. Dieses Anionenpaar ist an der Pufferkapazität des Blutes beteiligt.

Für die im Vergleich zu Calcium weit größeren Schwankungen der Phosphatkonzentration im Blutplasma sind im wesentlichen zwei Gründe zu nennen:

1. Die anorganische P- Konzentration im Blutplasma ist nur partiell versorgungsunabhängig (WISE et al., 1963; MEYER, 1971; CHICCO et al., 1973; GROPP et al., 1981).
2. Der anorganische P- Spiegel im Blutplasma unterliegt einer deutlichen, nicht linearen Altersabhängigkeit (UNSHELM und FLOCK, 1967; TUMBLESON et al., 1973; MOOR et al., 1975; BOEHNCKE et al., 1979).

2.1.2.1 Phosphorzufuhr und Phosphor im Blutplasma

Die Abhängigkeit des P- Spiegels von der P- Aufnahme zeigten LIBISELLER und KÖHLER (1973) in einem Belastungsversuch mit Dicalciumphosphat an 6 Jungstieren. Ergebnisse aus diesem Versuch sind in Tabelle 2 zu finden.

Bei insgesamt 44 milchaustauschernährten Bullkälbern (LM 139 - 210 kg) fanden GROPP et al. (1981) bei den Versuchsgruppen mit 1,2 % P in der Ration signifikant höhere Plasma- P- Spiegel als bei den Versuchsgruppen mit 0,7 % P im MAT ($P < 0,05$).

In Versuchen an insgesamt 18 Jungochsen und 31 Färsen stellten LONG et al. (1957) fest, daß der Plasma- P- Spiegel besonders empfindlich auf Veränderungen der P- Aufnahme reagiert.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen WISE et al. (1958) bei 40 ca. 12 Wochen alten Bullkälbern.

Auch SMITH et al. (1966) fanden eine statistisch gesicherte Abhängigkeit des Blut- P- Spiegels von der P- Aufnahme.

Tabelle 2: Einfluß einer Phosphorzulage auf die Konzentration von anorganischem Phosphat im Blutserum von 6 Jungstieren.

(Zeit- und Gruppenmittelwerte)

(nach LIBISELLER und KÖHLER, 1973)

Versuchsgruppierung	mit DCP- ¹⁾ Belastung	Kontrolle
Tierzahl	3	3
Alter (Monate)	11 - 12	11 - 12
LM (kg)	400	400
Versuchsdauer (Tg)	188	188
Zahl der Blutproben	12	12
P- Aufnahme in g/Tag	128	32
P- Aufnahme in % der TS	1,84	0,51
P im Blutserum (mmol/l)	2,45 ± 0,09	2,19 ± 0,09

1) DCP = Dicalciumphosphat

2.1.2.2 Altersabhängigkeit des Plasma- Phosphatspiegels

Während für Kälber und Jungrinder zwischen dem 1. und 6. Lebensmonat P- Konzentrationen zwischen 2,7 und 3,6 mmol/l angegeben werden (MOOR et al., 1975; GROPP et al., 1975), variieren korrespondierende Werte für 3 - 12 Jahre alte Tiere zwischen 1,4 und 1,9 mmol/l (AMROUSI und HOFMANN, 1970; UNSHELM und FLOCK, 1967; PAYNE et al., 1970).

Die Ursache für den relativ hohen Plasma- P- Spiegel bei milch- bzw. milchaustauschernährten Kälbern wird einerseits im hohen P- Gehalt dieser Futtermittel, andererseits in der hohen P- Verfügbarkeit aus Milch und Milchprodukten (LOFGREEN, 1952; WALKER, 1972) gesehen.

Nach GROPP et al. (1981) dürfte zusätzlich ein mit zunehmendem Körpergewicht im Vergleich zur Zunahme ansteigendes P- Angebot über das Futter mit verantwortlich sein.

Tabelle 3 informiert über die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen.

Tabelle 3: Mittlere Phosphatkonzentrationen im Vollblut (V), Blutplasma (P) oder Blutserum (S)

Tiere	mittlere P- Konz. (mmol/l)		Quellen
30 ♀ Mastkälber (3-5 Mo)	3,61	P	GROPP et al. (1975)
29 ♂ Mastkälber (1 Mo)	3,12 ± 0,56	S	MOOR et al. (1975)
" " (2 Mo)	3,31 ± 0,73	S	"
" " (3 Mo)	3,46 ± 0,84	S	"
26 ♀ Aufzuchtk. (1 Mo)	2,89 ± 0,78	S	"
" " (2 Mo)	3,24 ± 0,83	S	"
" " (3 Mo)	3,05 ± 0,77	S	"
" " (6 Mo)	2,68 ± 1,06	S	"
230 Kälber (9 - 11 Wo)	3,05 ± 0,24	V	ROWLANDS (1980)
5 Kälber	3,29	S	WISE et al. (1963)
1092 Zuchtbullen	2,16 ± 0,27	S	FISCHER et al. (1977)
128 Kühe	1,94 ± 0,29	P	RAUH (1973)
1848 Milchkühe	1,94 ± 0,27	V	PAYNE et al. (1973)
254 DSB	1,38 ± 0,06	S	AMROUSI und HOFMANN
122 DFV	1,41 ± 0,07	S	(1970)

Offensichtlich steigt der P- Spiegel im Plasma während der ersten Lebensmonate mehr oder weniger deutlich an.

MOOR et al. (1975) berichteten über niedrige P- Spiegel

im Serum von neugeborenen Kälbern (2,13 mmol/l), die jedoch bereits nach 14 Tagen auf 2,75 mmol/l angestiegen waren und bei jungen Tieren signifikant höher liegen als bei ausgewachsenen.

Von BOEHNCKE et al. (1979) liegt aus Versuchen an 17 Saugkälbern (Mutterkunnhaltung) eine Regressionsgleichung für den Abschnitt 1. - 57. Lebenstag vor:

$$P \text{ im Blutplasma (mmol/l)} = 2,86 + 0,008 \cdot \text{Lebenstage} \\ (n = 73; r = 0,44; P < 0,001)$$

MOOR et al. (1975) sowie UNSHELM und FLOCK (1967) geben für männliche Tiere eine Zunahme der P- Konzentration im Plasma bis zum 100. - 150. Lebenstag an. Bei weiblichen Tieren erstreckt sich dieser Anstieg nach UNSHELM und FLOCK bis zum 250. Lebenstag, nach MOOR lediglich bis zum 60. - 90. Lebenstag.

UNSHELM und FLOCK leiten ihre Ergebnisse aus Regressionsgleichungen ab, wobei sie jeweils 100 - Tage - Intervalle bilden. Die Resultate von MOOR ergeben sich aus Untersuchungen im Abstand von 30 Tagen.

Aus Daten von GROPP et al. (1975) läßt sich schließen, daß zwischen der 11. und 21. Lebenswoche bei weiblichen Mastkälbern ein Anstieg der Plasma- P- Konzentration nicht mehr erfolgt. Dies steht in guter Übereinstimmung zu den Ergebnissen von MOOR et al. (1975).

UNSHELM und FLOCK (1967) führen die Altersabhängigkeit des Phosphatspiegels auf Einflüsse des somatotropen Hormons (STH) sowie der androgenen und östrogenen Steroide zurück. Nach dieser Theorie führt eine gesteigerte STH- Produktion zum Anstieg des Phosphatspiegels im Blutplasma, während die von der Geschlechtsreife an vermehrt ausgeschütteten Androgene und Östrogene eine Abnahme des Phosphatspiegels bedingen sollen. So steigt der Phosphatspiegel im Blutplasma junger Tiere zunächst an, fällt dann aber vor dem Eintritt der Geschlechtsreife erst schnell, später aber relativ langsam weiter ab.

TUMBLESON et al., (1973) stellten bei 510 weiblichen Rindern der Guernsey- und Holstein- Frisian- Rasse mit zunehmendem Alter einen signifikant ($P < 0,001$) kurvilinearen Abfall des mittleren Serum- P- Spiegels fest, wobei jedoch die Altersstufen unter einem halben Jahr zusammengefaßt wurden.

Keinen Alterseffekt konnten dagegen SAID et al. (1964) bei 377 Friesen- Rindern aller Altersstufen erkennen.

2.1.2.3 Geschlechtseinfluß auf den Plasma- Phosphat- spiegel

Bei der Prüfung des Geschlechtseinflusses fanden UNSHELM und FLOCK (1967), daß weibliche Rinder bis zum Alter von etwa 400 Tagen höhere Phosphorwerte aufweisen als männliche Rinder gleichen Alters.

Im Gegensatz zu diesem Befund stehen die Ergebnisse von MOOR et al. (1975) und von SAID et al. (1964), die bei männlichen Rindern über signifikant höhere P- Konzentrationen im Plasma berichten als bei weiblichen Tieren.

2.1.3 Phosphorabsorption aus dem Verdauungstrakt

Bei Wiederkäuern erfolgt die Phosphorabsorption zum größten Teil aus dem oberen Dünndarm, wobei die Menge an Phosphor, die absorbiert wird, bereits vor Erreichen des unteren Jejunums aus dem Darminhalt verschwindet (KAY und PFEFFER, 1970).

Nach einer Hypothese von KAY (1969) führt die Phosphor-resorption im oberen Abschnitt des Dünndarms zur Verminderung der H^+ -Ionen in diesem Bereich. Da Phosphorsäure einen pK_2 von 7,15 aufweist, wird der größte Teil des Phosphors bei den hier herrschenden pH- Werten von

2,7 - 5 (HARRISON und HILL, 1962) als H_2PO_4^- resorbiert.

SPERBER und HYDEN (1952) zeigten, daß Phosphationen die Pansenwand zwar passieren, dies jedoch nur sehr langsam und in ganz geringem Ausmaß. Auch SCOTT und MC LEAN (1981) stellten bei 6 Schafen fest, daß intraruminal verabreichtes Na_2HPO_4 (3 g bzw. 6 g) vollständig im Duodenum erscheint.

Befunde von HAFEEZ (1979) an isolierten Jejunumschlingen von Schafen zeigen, daß die P- Absorption aus dem Dünndarm proportional zur P- Konzentration im Darmlumen bis zur Sättigung eines Transportmechanismus ansteigt. Das Transportmaximum wurde in diesem Versuch bei einer intraluminalen P- Konzentration von 15 mmol/l festgestellt.

Nach KAY und PFEFFER paßt sich die P- Absorption im Dünndarm sehr eng an die vor dem Pylorus sekretierte P- Menge an. Diese Fähigkeit, Sekretion und Absorption im Gleichgewicht zu halten, erweist sich als relativ unempfindlich gegenüber Variationen im Ca/P - Verhältnis der Ration, wie PFEFFER (1968) dies bei Ca/P - Verhältnissen zwischen 1,3 und 5,7 zeigen konnte.

SCOTT und MC LEAN vermuten bei mit Rauhfutter ernährten Schafen einen Kontrollmechanismus bei der intestinalen P- Absorption, der durch den P- Bedarf für den Speichel reguliert wird.

POTTHAST et al. (1976) schlossen aus Versuchen mit Hammeln, daß die Höhe der P- Absorption beim Wiederkäuer vorwiegend auf durch das Tier bedingte Steuerungsmechanismen zurückgeht.

Obwohl ein großer Anteil des Nahrungsphosphats insbesondere im Getreide als Phytin vorliegt, das bei Monogastriern nur partiell verwertet wird, spielt dieser Zusammenhang in der P- Versorgung des Rindes keine Rolle.

Dies konnten NELSON et al. (1976) in Versuchen mit Kälbern und Jungrindern zeigen, wobei sie eine vollständige Hydrolyse des Phytins im Pansen feststellten.

Hinsichtlich der P- Verfügbarkeit aus Knochenmehl, Curacao- Phosphor und Dicalciumphosphat fanden LONG et al. (1957) bei 31 Färsen keine Unterschiede.

In Tabelle 4 sind einige Versuche über die P- Verdaulichkeit zusammengestellt.

Tabelle 4: Wahre Phosphor-Verdaulichkeit bei unterschiedlicher P- Quelle und Tieren unterschiedlichen Alters

Tier	n	Alter	Futterbasis	P- Quelle	wahre P- Verd. in %	Autor
Kalb	2	2 Mo	Milch	Casein	93	LOFGREEN et al (1952)
Jungrind	4	8 Mo	Rauhfutter	65% aus Thomas- P ₁ od. Dica	74 - 88	SEUSS (1961)
Ochse	12	14 Mo	Rauhfutter	60,2% aus Dica od. 1) Phosphorsre.	75 76	TILLMAN und BRETHOUR (1958)

1) Dica = Dicalciumphosphat

Nach GROPP et al. (1981) wird die intestinale P- Absorption durch erhöhte fäkale Calciumausscheidungen negativ beeinflusst, wobei die Regression nicht linear, sondern kurvilinear verläuft (Untersuchungen an milchernährten Tieren). Zwischen dem Ca- Gehalt im Milchaustauschfutter und der scheinbaren Ca- Absorption besteht eine negative Korrelation.

Liegt die scheinbare Ca- Absorption über 60 %, ist mit einer nennenswerten Beeinträchtigung der P- Absorption nicht zu rechnen. Erst bei geringerer Ca- Absorption

fällt auch die P- Absorption von anfangs 80 - 90 % nahezu linear bis auf etwa 40 % ab.

Bei der Absorption wird der P- Transport durch die Darmwand durch Vitamin D_3 gefördert, wie MANSTON (1964) durch Einsatz radioaktiver Isotope belegen konnte.

SEIDEL und SEIDEL (1977) zeigten bei 10 Kühen im Alter von 6 - 10 Jahren nach parenteraler Verabreichung von Vitamin D_3 5 - 3 Tage ante partum einen markanten Anstieg der P- Konzentration im Blutserum.

Die bereits beim Monogastrier nachgewiesene Steigerung der Absorptionsquote bei Rationen mit niedrigem P- Gehalt konnten CARE et al. (1980) auch beim Wiederkäuer finden. HAUSSLER et al. (1976) wiesen für Monogastrier nach, daß diese Anpassung durch eine verstärkte Bildung von $1,25 - (OH)_2D_3$ in der Niere aus zirkulierendem $25 - OH D_3$ erreicht wird. Einen ähnlichen Mechanismus nehmen CARE et al. auch beim Wiederkäuer an.

MAYER et al. (1968) konnten an 4 Kühen nach Verabreichung von Parathormon über einige Tage einen Rückgang des Kotphosphors feststellen. Ob dies jedoch das Resultat einer verstärkten intestinalen Resorption oder einer vermindernden Sekretion war, konnten sie nicht differenzieren.

Angaben über die scheinbare, aber auch die wahre Absorption von Futter- P im Intestinum sind eher geeignet, die tatsächlichen Regulationsverhältnisse bei Wiederkäuern, nicht dagegen bei milchernährten Tieren, zu verschleiern. Der gesamte intestinale P- Influx besteht zum weitaus geringeren Teil aus Futter- P, die überwiegende Menge ist endogener Natur und entstammt dem Speichel.

So maßen SCOTT und MC LEAN (1981) bei Schafen bei einer P- Aufnahme von ca. 1 g täglich eine P- Sekretion bei der Parotiden von ca. 5 - 6 g. Die wirkliche Resorptionsleistung des Dünndarms ist damit um ein Vielfaches höher,

als sich aus der Betrachtung von P- Aufnahme und Verdaulichkeit ergibt.

Nach POTTHAST et al. (1976) bilden Speichel- P und Nahrungs- P im Pansen einen gemeinsamen Pool, aus dem dann im Dünndarm eine partielle Resorption erfolgt.

2.1.4 Phosphorausscheidung

Beim ruminierenden Wiederkäuer stellt der Darm das Hauptausscheidungsorgan für Phosphor dar.

Im Gegensatz dazu erfolgt die P- Ausscheidung bei milch- bzw. milchaustauschernährten Rindern, wie bei Monogastriern, hauptsächlich über die Nieren.

2.1.4.1 Ausscheidung in den Fäces

YOUNG et al. (1966) vermuten, daß die endogene P- Sekretion in den Verdauungstrakt als möglicher Regulationsmechanismus der P- Homöostase fungiert, weil der Darm das Hauptausscheidungsorgan darstellt, und der fäkale endogene P- Verlust bei steigender P- Aufnahme zunimmt. Auch PRESTON und PFANDER (1964) zeigten, daß die endogene fäkale P- Ausscheidung von der P- Aufnahme abhängt.

Beim Wiederkäuer erfolgt eine erhebliche endogene Phosphatausscheidung in den Verdauungstrakt.

Dies ist nach SMITH et al. (1956) die Folge der großen Speichelmengen, die etwa 80 % des gesamten in den Verdauungstrakt sekretierten Phosphors ausmachen.

Auch PFEFFER und KAUFMANN (1972) schreiben dem Speichel den Hauptanteil an der endogenen P- Sekretion zu. Sie zeigten an 3 Kühen mit Überbrückungskanülen im Duodenum, daß die das Duodenum durchfließende P- Menge teilweise fast die doppelte Höhe (130 - 195 %) der P- Aufnahme erreicht. Die fäkale Ausscheidung wurde in diesem Versuch mit 33 - 52 % der das Duodenum durchfließenden

P- Menge bestimmt. Bezogen auf die mit dem Futter aufgenommene P- Menge betrug sie 60 - 96 %.

POTTHAST et al. (1976) konnten an Hammeln nach intravenöser Injektion von ^{32}P zeigen, daß 91 - 100 % der endogenen P- Sekretion in den Pansen hinein erfolgen.

Bei 2 Monate alten Kälbern spielt die endogene P- Sekretion direkt in den Dünndarm hinein eine wesentlich größere Rolle als bei erwachsenen Wiederkäuern, bei welchen nur geringe P- Mengen distal vom Labmagen sekretiert werden (SMITH et al., 1956).

2.1.4.2 Ausscheidung im Harn

2.1.4.2.1 Ruminierende Wiederkäuer

Der Harn von echten Wiederkäuern ist durch eine meist deutliche alkalische Reaktion gekennzeichnet. Renal ausgeschiedenes Phosphat liegt deshalb größtenteils als HPO_4^{--} vor.

In der Regel hat die Niere für die P- Ausscheidung des Wiederkäuers eine nur geringe quantitative Bedeutung. Die in der Literatur angegebenen P- Konzentrationen im Rinderharn sind entsprechend niedrig. Nach FARRIES und OSLAGE (1970) belief sich die renale P- Ausscheidung bei Kühen, die zwischen 35 und 83 g P/Tag erhielten, auf 0,2 bis maximal 0,5 g/Tag. Somit wurde kaum mehr als 1 % der aufgenommenen P- Menge über die Nieren ausgeschieden.

BÖHME (1970) fand bei 4 Milchkühen 0,5 % der mit dem Futter aufgenommenen P- Menge im Harn wieder.

LIBISELLER und KÖHLER (1973) zeigten an Jungstieren und Kühen in einem Belastungsversuch mit Dicalciumphosphat, daß bei entsprechend hoher P- Zufuhr die Harn- P- Konzentration im Vergleich zu Kontrolltieren stark erhöht ist.

Ergebnisse aus diesem Versuch sind in Tabelle 5 zu finden.

Tabelle 5: Renale P- Ausscheidung in Abhängigkeit von
der P- Zufuhr
(nach LIBISELLER und KÖHLER, 1973)

Tiere Versuchsgruppierung	Jungstiere		Kühe	
	Versuchsgr.	Kontrollgr.	Versuchsgr.	Kontrollgr.
Anzahl der Tiere	3	3	3	3
P- Aufnahme in g/Tag	128	32	167	57
mittlere P- Konzen- tration im Spontan- harn (mmol/l)	91 $\pm$ 8	16 $\pm$ 2	28 $\pm$ 9	1,5 $\pm$ 0,4

Auch BOEHNCKE und TIEWS (1971) berichteten nach Versuchen an 2 Jungbullen (LM 200 - 250 kg) über die Fähigkeit der Nieren, überschüssiges Phosphat auszuscheiden.

In den meisten experimentellen Untersuchungen wird eine vollständige glomeruläre Filtrierbarkeit des anorganischen Phosphats im Blutplasma vorausgesetzt, d.h. die P- Konzentration des Primärharns wird der des Blutplasmas gleichgesetzt. Nach IRVING (1973) liegt aber ein gewisser Anteil, über dessen Ausmaß noch Unklarheit besteht, an Plasmaproteine gebunden vor und ist deshalb nicht ultrafiltrierbar. TOMAS (1975) fand bei Schafen einen ultrafiltrierbaren Anteil von 96 % des anorganischen Phosphats im Blutplasma.

Die renale P- Rückresorption findet überwiegend im proximalen Tubulus (WEN, 1974) und nur zu einem sehr geringen Anteil in distalen Abschnitten statt (PUSCHETT et al., 1972), sie erfolgt beim ruminierenden Wiederkäuer nahezu quantitativ. So fand VOGEL (1962) bei Jungrindern eine P- Rückresorptionsrate von annähernd 100 %, während SYMONDS und MANSTON (1974) bei 4 trockenstehenden Kühen die P- Rückresorption mit 95 - 99 % bestimmten. Mit zunehmend filtrierter P- Menge steigt die P- Rück-

resorption bis zu einem Maximalwert an (SYMONDS und MANSTON, 1974; TOMAS, 1975).

In den Untersuchungen von SYMONDS und MANSTON bewegte sich dieses Maximum zwischen 1,94 und 3,06 mmol/min. Die dazugehörige Plasma- P- Konzentration, bei welcher die Transportkapazität überfordert wird, fanden sie bei 2,26 mmol/l Plasma. Dieser Schwellenwert liegt somit nicht sehr weit oberhalb normaler P- Konzentrationen.

SCOTT und MC LEAN (1981) zeigten an 6 Schafen, daß die Nierenschwelle für die P- Ausscheidung bei einer Plasma- P- Konzentration von etwa 2 mmol/l liegt. Die Untersucher fanden dabei nach intraruminaler Phosphatinfusion von 3 bzw. 6 g/Tier unterschiedliche renale Reaktionen. Als Ursache für diese Variationen sahen sie unterschiedlich hohe Plasma- P- Konzentrationen an. Deshalb bestimmten SCOTT und MC LEAN (1981) in einem weiteren Versuch die mittleren Plasma- P- Konzentrationen bei 100 Mutterschafen (59 laktierende, 41 trockenstehende). Bei 86 % der Tiere fanden sie P- Konzentrationen von $1,67 \pm 0,30$ mmol/l, während die restlichen 14 % P- Konzentrationen von $2,54 \pm 0,21$ mmol/l aufwiesen. Bei den Tieren mit niedrigem P- Spiegel fanden sie auch niedrige P- Konzentrationen im Harn ($0,6 \pm 0,46$ mmol/l), während die Tiere mit hohem P- Spiegel auch hohe Harn- P- Konzentrationen zeigten, wobei bei einigen die Werte bis über 6,5 mmol/l anstiegen.

Auch MANSTON und VAGG (1970) berichteten über ähnliche Ergebnisse bei Rindern. Sie untersuchten Harnproben von insgesamt 137 Kühen und fanden bei 90 % der Tiere sehr geringe Harn- P- Konzentrationen (unter 0,3 mmol/l), während 10 % der Tiere Harn- P- Konzentrationen von über 3,2 mmol/l und in einigen Fällen sogar bis 65 mmol/l aufwiesen. Im Gegensatz zu SCOTT und MC LEAN fanden sie

jedoch keine signifikanten Unterschiede in der Plasma-P- Konzentration zwischen den Tieren mit hoher, bzw. niedriger renaler P- Ausscheidung.

Die P- Rückresorption in der Niere steht unter dem Einfluß von Parathormon. MAYER et al. (1966) fanden bei Kühen eine gesteigerte renale P- Ausscheidung nach Parathormongaben. Dieser Effekt'beruht nach SUTCLIFF et al. (1973) auf einer Hemmung der tubulären P- Rückresorption durch direkte Einwirkung des Parathormons auf die Niere.

2.1.4.2.2 Milch- bzw. milchaustauschernährte Rinder

Im Gegensatz zu wiederkäuergerecht ernährten, ruminierenden Rindern, scheiden Saugkälber und milchernährte Mastkälber erhebliche P- Mengen über die Nieren aus, wobei der Harn im sauren Bereich liegende pH- Werte aufweist.

Nach GROPP et al. (1975) liegt der pH- Wert im Harn milchernährter Kälber im Mittel um 6,0 - 6,5.

BOEHNCKE et al. (1976) bestimmten bei 12 milchernährten Mastkälbern im Gewichtsabschnitt zwischen 72 und 160 kg eine renale Phosphatausscheidung von 22 - 42 % der über das Futter aufgenommenen Phosphormenge. Dabei konnten sie eine Abhängigkeit der renalen P- Ausscheidung von der absolut aufgenommenen P- Menge feststellen, die in folgender Gleichung wiedergegeben ist:

$$\text{P- Ausscheidung (g/Tag)} = -2,30 + 0,47 \cdot \text{P- Aufnahme (g/Tag)} \\ (r = 0,87; n = 303 \text{ Harnsammeltage; } P < 0,001)$$

Obwohl während dieses 9- wöchigen Versuchs die P- Aufnahme mit durchschnittlich 138 mg/kg LM und Tag relativ

konstant blieb, erhöhte sich die renale P- Ausscheidung von 22 % zu Versuchsbeginn auf 42 % in der 8. Versuchswoche.

Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse aus zwei anderen Versuchen.

Tabelle 6: Renale Phosphatausscheidung milchernährter Rinder

Tiere	LM (kg)	renale P- Aussch. in % der Aufnahme	Quelle
10 Kälber	55	22,4	VOGEL (1962)
2 Mastbullen	390 - 517	37	BOEHNCKE (1975)

2.1.4.3 Ausscheidung über die Milch

Die P- Konzentration in der Milch im Ablauf einer Laktationsperiode unterliegt nur kleinen Schwankungen, so daß die Höhe der Ausscheidung in der Milch durch die Milchleistung bestimmt wird.

Nach BECKER (1971) werden pro kg Milch 0,92 g Phosphor ausgeschieden. BERTZBACH et al. (1965) geben einen Wert von 0,96 g Phosphor je kg Milch an.

2.1.5 Speichelphosphor

Der Phosphorgehalt im Speichel erwachsener Wiederkäuer wird in der Literatur mit 11 - 13 mmol/l angegeben. So fand BOEHNCKE (1981) bei 424 Rindern einen durchschnittlichen P- Gehalt im Speichel von $10,6 \pm 2,9$ mmol/l. BAILEY und BALCH (1961 a) bestimmten bei einem Jungochsen (LM 204 kg) die Speichel- Phosphorkonzentration im Parotis- Speichel mit etwa 12 mmol/l. KAUFMANN und ORTH

(1966) konnten an einer trockenstehenden Milchkuh mit einer Parotisfistel Werte von ca. 13 mmol P/l Parotis- Speichel ermitteln. Der Speichelfluß einer Parotis wurde in dem gleichen Versuch mit ca. 33 l pro Tag gemessen. BAILEY (1961) gibt die Schwankungen der Gesamtspeichelmenge bei erwachsenen Rindern mit 98 - 190 l/Tag an.

Unter Berücksichtigung dieser Daten dürften somit bei ausgewachsenen Rindern täglich 36 - 76 g Phosphor in den Pansen gelangen.

Die Speichelmenge ist rationsabhängig. So konnten KAUFMANN und ORTH (1966) bei rohfaserreichen Rationen einen um etwa 10 % höheren Speichelfluß als bei stärke-reichen Rationen messen.

Es ist auch bekannt, daß der Speichelfluß während des Wiederkauens größer ist als bei der Futteraufnahme. HAGEMEISTER und KAUFMANN (1970) konnten zeigen, daß dies eine Folge der flüchtigen Fettsäuren in den Wiederkau-bissen darstellt. Sie verabreichten einer Kuh Heu, welches vorher mit flüchtigen Fettsäuren besprüht worden war. Die Speichelproduktion aus einer Parotisfistel erhöhte sich dabei je kg Heu signifikant bei gleich-zeitiger Verkürzung der Verzehrszeit.

Nach neuesten Untersuchungen von KÖNIG und GROPP (1982) scheint sich der P- Gehalt im Speichel auch altersab-hängig zu verhalten. So fanden die Untersucher bei 5 milchernährten Kälbern in der 1. Lebenswoche einen raschen Abfall der Speichel- P- Konzentration von ca. 9 mmol/l auf etwa 5 mmol/l. Bis zum 50. Lebenstag blieb die P- Konzentration mit 3 - 5 mmol/l nahezu unverändert, stieg jedoch zwischen dem 50. und 70. Lebenstag auf Wer-te um 9 mmol/l an. Ähnliche Werte (ca. 9 mmol/l) fand MÜLLER (1982) auch bei milchaustauschernährten Jungbullen im Alter von ca. 6 Monaten (Ø LM 240 kg).

Die Autoren folgern, daß bei milchernährten Kälbern ein Anstieg der P- Konzentration im Speichel bereits mit zunehmendem Lebensalter erfolgt und daß dieser durch die Futterumstellung seine besondere, zeitlich verlagerbare Ausprägung erfährt.

Früher wurde die Speichel- P- Sekretion lediglich im Zusammenhang mit der Pufferwirkung im Pansen gesehen. Doch dies dürfte nach KAUFMANN und HAGEMEISTER (1969) von untergeordneter Bedeutung sein, da einmal die Konzentration der Phosphate im Pansensaft verhältnismäßig gering ist und weil zum anderen der bei niedrigen pH-Werten vorliegende Dissoziationsgrad einer Pufferwirkung entgegensteht.

TOMAS (1974 a, b) sowie TOMAS und SOMERS (1974) formulierten erstmals die Hypothese, daß die P- Sekretion der Speicheldrüsen in erster Linie der Aufrechterhaltung der P- Homöostase über die Regelung der endogenen P- Sekretion in den Gastrointestinaltrakt diene.

Die P- Sekretion in den Speicheldrüsen steht unter dem Einfluß von Parathormon, wie dies TOMAS (1974) in mehreren Experimenten an 2 - 4 Jahre alten Mutterschafen zeigen konnte. Dabei bewirkten Parathormoninjektionen sowohl einen dosisabhängigen Anstieg der P- Konzentration im Speichel, als auch eine verstärkte Sekretionsrate der Parotiden.

2.2 Weitere fütterungsbedingte Veränderungen im Phosphorstoffwechsel

Wie bereits unter 2.1.4.2.1 ausgeführt, kommt der Niere für die P- Ausscheidung beim Wiederkäuer in der Regel eine nur geringe Bedeutung zu.

Die renale Phosphatausscheidung kann jedoch bei Acidosen, wie sie HYLDGAARD - JENSEN und SIMENSEN (1966) durch Verabreichung von 23 kg Getreideschrot bei einer Milchkuh erzeugten, deutlich ansteigen. Dabei sank der Harn- pH innerhalb von 23 Stunden von 7,8 auf 5,1, bei gleichzeitigem Anstieg der Plasma- P- Konzentration von 1,84 auf 3,94 mmol/l. Die renale P- Ausscheidung erhöhte sich um den Faktor 23.

Die diesen Erscheinungen zugrunde liegenden Vorgänge

wurden von SCHNEIDER (1973) weitgehend geklärt.

Unter physiologischen Bedingungen liegt Phosphor im Intrazellularraum zu 99 % in organischen Verbindungen vor, die im Gegensatz zu den anorganischen Phosphat-Anionen die Zellmembran nicht passieren können. Bei Acidämien entstehen vermehrt anorganische Phosphat-Anionen in den Zellen, die dem Konzentrationsgradienten folgend, die Zellmembranen durchdringen und somit zu einer Erhöhung der Plasma- P- Konzentration führen. Da jedoch für die renale P- Rückresorption nur eine begrenzte Kapazität besteht (SYMONDS und MANSTON, 1974; TOMAS, 1975), kommt es zu einer verstärkten P- Ausscheidung im Harn.

Eine andere Form der Phosphaturie wird im angelsächsischen Schrifttum als " mild acidosis " bezeichnet. Dabei kommt es zu einer Steigerung der renalen P- Ausscheidung ohne vorherige Erhöhung des Plasma- P- Spiegels.

So erzielte SCOTT (1972) durch die Umstellung von einer Rauhfutterr ration auf reine Kraftfutterdiäten bei Schafen einen beträchtlichen Anstieg der Harn- P- Ausscheidung, obwohl die P- Aufnahme gleich geblieben war. Ergebnisse aus diesem Versuch zeigen die Tabellen 7 und 8.

Tabelle 7: Renale P- Ausscheidung bei zwei Schafen
(nach SCOTT, 1972)

Ration	P- Aufnahme (g/Tag)	P- Ausscheidung (g/Tag)	Harn- pH
I	12,1	0,39	8,2
II	12,1	3,93	6,9
III	12,1	5,50	5,6

Ration I: 53,2 % Gerstenstroh; 10,6 % Maisstärke; 32 % Erd-
nußschrot; 2 % Melasse; 2,2 % Mineralstoffe/Vitamine

Ration II : 80 % Gerstenschrot; 18 % Sojaschrot; 2 % Mineralstoffe/Vitamine

Ration III: 86 % Gerstenschrot; 12 % Fischmehl; 2% Mineralstoffe/Vitamine

Tabelle 8: Tubuläre Rückresorption bei einem Schaf
(nach SCOTT, 1972)

Ration	anorg. P im Plasma (mmol/l)	rückresorbiertes P (in % des Filtrats)
I	2,97	90,5
II	2,94	80,1
III	2,94	45,5

Begleitet wurde der Anstieg der P- Ausscheidung im Harn von einem Abfall des pH- Wertes in den sauren Bereich. Als Ursache für die hohe renale P- Ausscheidung fand SCOTT (1972) eine starke Reduktion der tubulären Rückresorption, bei nahezu konstant bleibender Plasma- P- Konzentration.

Die P- Rückresorption ist dabei durch basische Äquivalente nicht zu beeinflussen. Dies konnte SCOTT in dem genannten Versuch durch intraruminale Dauerinfusionen von NaHCO_3 demonstrieren. Die Infusion führte lediglich zu einer Erhöhung des pH- Wertes in den physiologischen Bereich, die renale P- Ausscheidung blieb jedoch unverändert.

Angeichts dieses Ergebnisses sowie unter Berücksichtigung des Versuchsergebnisses von MANSTON und VAGG (1970), die nach oraler Verabreichung von Ammoniumchlorid nur eine geringe Phosphaturie beobachten konnten, kann die Hypothese von TOPPS et al. (1966), wonach die erhöhte P- Ausscheidung bei Acidosen in erster Linie wegen des vermehrten Bedarfs an Puffersubstanzen im Harn auftritt, nicht mehr länger aufrechterhalten werden.

Möglicherweise stehen die aufgeführten Befunde von SCOTT (1972) mit einer verringerten Speichelsekretion im Zusammenhang.

2.3 Phosphorstoffwechsel während der Umstellung

Die Unterschiede im P- Stoffwechsel zwischen den pseudo-monogastrischen Saugkälbern bzw. milchernährten Mastkälbern und ruminierenden Wiederkäuern wurden in vorhergehenden Kapiteln bereits dargelegt.

Während der Entwicklung zum Wiederkäuer erfolgt eine deutliche Änderung im Phosphathaushalt. Doch auf welche Weise diese Veränderungen erfolgen und über welchen Zeitraum sie sich erstrecken, ist bisher nur wenig bekannt.

In Verlaufsuntersuchungen an 3 Kälbern fanden BOEHNCKE et al. (1979) einen Abfall des Phosphor/Kreatininquotienten im Harn ($\text{mmol/l} : \text{mmol/l}$) von $3,09 \pm 2,04$ in der Saugphase auf $0,36 \pm 0,15$ in der Wiederkäuerphase. Dies deutet auf eine erhebliche Reduktion der renalen Phosphorausscheidung hin. Gleichzeitig stieg der pH- Wert im Harn von $6,4 \pm 0,4$ auf $8,3 \pm 0,4$ an. Die Dauer der physiologischen, nicht fütterungstechnischen Umstellungsphase, wurde mit 9 - 18 Tagen angegeben.

In weiteren Untersuchungen fanden BOEHNCKE et al. (1981) bei 3 DSB- Bullkälbern im Zeitraum 9. - 76. Lebenstag eine negative Korrelation zwischen dem P- Gehalt im Speichel und der renalen P- Ausscheidung, wobei bei zunehmendem P- Gehalt im Speichel die P- Ausscheidung im Harn geringer wurde. Die Ursache für den Phosphoranstieg im Speichel sieht BOEHNCKE in der funktionellen Entwicklung des Pansens.

BOEHNCKE (1981) vermutet in Anlehnung an Versuche mit ruminierenden Wiederkäuern, bei denen durch Verfütterung strukturarmer Rationen oder durch beidseitige Ligatur des ductus parotideus (TOMAS, 1974) die renale P- Ausscheidung stark erhöht wurde, daß die Speichelsekretion an P einen Einfluß auf die P- Ausscheidungswege ausübt.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

An insgesamt 12 männlichen Mastkälbern wurden in einem Zeitraum von 5 Monaten 4 Versuche durchgeführt.

In zwei Versuchen (I und III) sollten verschiedene Parameter des P- Stoffwechsels während der Umstellung auf eine wiederkäuergerechte Ration bei unterschiedlichen Altersstufen (Versuch I bei ca. 4 Wochen alten Tieren, Versuch III bei ca. 14 Wochen alten Tieren) untersucht werden.

Da sich in den meisten Untersuchungen mit der Futterumstellung auch die quantitative Ca- und P- Versorgung änderte, wurden in Versuch I zwei Umstellungsgruppen geführt. Die Ca- und P- Aufnahme einer Gruppe entsprach dem Gehalt an Ca und P in der Heu- Kraftfütteration, der Ca- und P- Verzehr der anderen Gruppe der Ca- und P- Aufnahme der milchaustauschernährten Gruppe.

Diese Versuchsanordnung erlaubt die getrennte Beurteilung der Faktoren Futterumstellung und Ca/P- Versorgung bei der Umstellung.

Die anderen zwei Versuche befaßten sich mit dem Einfluß von Phosphorzulagen zur Ration bereits umgestellter Tiere (Versuch II) und den Auswirkungen unterschiedlicher Futterstruktur (Langheu gegen Heumehl) nach der Umstellung auf Parameter des P- Stoffwechsels (Versuch IV).

Das Tiermaterial wurde in 3 gewichtsgleiche Gruppen zu je 4 Tieren aufgeteilt.

Während einer einwöchigen Vorperiode erhielten alle Tiere gleichermaßen Milchaustauschfutter.

3.1 Versuchspläne

3.1.1 Versuch I

Eine milchaustauschernährte Kontrollgruppe (Gruppe A) wurde mit 2 anderen Gruppen B und C verglichen, die nach einer Vorperiode von 1 Woche innerhalb von 3 Wochen auf eine Heu- Kraftfuttermittelsration umgestellt wurden. Die Ca- und P- Versorgung der Versuchsgruppe B und der Kontrollgruppe A wurde nach dem Prinzip des " paired feeding " gleichgehalten. Die Ca- und P- Aufnahme eines jeden Tieres der Gruppe B wurde hierzu mit der des entsprechenden gewichtsgleichen Partners der Gruppe A verglichen. Die Differenz in der Ca- und P- Zufuhr zwischen beiden Tieren wurde am darauffolgenden Tag der Tagesration des geringer versorgten Tieres zugelegt (verwendete Mineralfuttermittel: siehe Tabelle 12). Der Versuch erstreckte sich über einen Zeitraum von 8 Wochen.

3.1.2 Versuch II

In Versuch II erhielt die zuvor reichlich mit Phosphor versorgte Gruppe B nur mehr die in der Tagesration aus Heu und Kraftfutter enthaltenen (Ca- und) P- Mengen. Die Ca- und P- Zufuhr der Gruppe C wurde jetzt angehoben, wobei die P- Angleichung an eine milchaustauschernährte fiktive Bezugsgruppe unter Zugrundelegung eines gebräuchlichen Futterplanes rechnerisch vorgenommen wurde.

Die Versuchsdauer betrug 5 Wochen.

3.1.3 Versuch III

In Versuch III sollte geprüft werden, ob sich in den Parametern des P- Haushalts Veränderungen infolge einer Futterumstellung von Milchaustauschfutter auf Heu- Kraftfutter abhängig vom Alter der umzustellenden Tiere ergeben. Deshalb wurde die Gruppe A (Alter: ca. 14 Wochen;

LM: 145 kg) nach dem in Versuch I angewandten Verfahren umgestellt.

Nach 11 Wochen wurde dieses Experiment beendet.

3.1.4 Versuch IV

In Versuch IV sollte der Einfluß der Rauhfutterstruktur (Langheu : Heumehl) auf die renale P- Ausscheidung geprüft werden. Aus den Gruppen B und C wurden zwei neue Gruppen D und E mit je 4 Tieren gebildet (Alter bei Versuchsbeginn: ca. 18 Wochen). Die Tiere beider Gruppen erhielten Heu ad libitum und Kraftfutter in abgemessenen Portionen. Gruppe D wurde Langheu angeboten, Gruppe E erhielt ihr Rauhfutter in Form von Heumehl.

Der Versuch wurde über 7 Wochen durchgeführt.

3.2 Material und Methoden

3.2.1 Versuchstiere

Die vorliegenden Untersuchungen wurden an 12 männlichen DFV- Kälbern durchgeführt, deren mittlere Lebendmasse zu Versuchsbeginn 63 kg (55,5 - 68,8 kg) betrug.

3.2.1.1 Haltung der Versuchstiere

Die Tiere wurden in Einzelboxen auf Lattenrosten angebunden gehalten. Je zwei nebeneinander stehende Kälber hatten ein gemeinsames (abstellbares) Tränkebecken zur Verfügung.

Die Fütterung erfolgte individuell für jedes Tier. Die Milchaustauschtränke wurde in Nippelleimern angeboten, Heu konnte aus einem Holztrog aufgenommen werden. Kraftfutter wurde in einer seitlich im Holztrog fest angebrachten Aluminiumschüssel angeboten. Zwischen den Futtertrögen nebeneinander stehender Tiere angebrachte Trennwände hinderten die Tiere daran, Futter aus dem Nachbar-trog aufzunehmen.

Die Tröge waren so angebracht, daß weder Tränkwasser noch Milchaustauschtränke mit Heu und Kraftfutter in Berührung kommen konnte.

Durch diese Einrichtung war eine quantitative Bestimmung der verzehrten Heu- und Kraftfuttermengen möglich.

3.2.1.2 Fütterung der Versuchstiere

Die Futterzuteilung erfolgte individuell, wobei die angebotene Milchaustauschtränke sich an der wöchentlich bestimmten Lebendmasse der Tiere orientierte.

Die Milchaustauschtränke wurde zweimal täglich, jeweils um 7 und um 17 Uhr angeboten. Nicht aufgenommene Tränkemengen wurden nach jeder Mahlzeit zurückgemessen.

Die Heu- und Kraftfutterzuteilung erfolgte anfänglich täglich einmal (etwa um 16 Uhr). Später mußte wegen der größeren Heuvolumina die Tagesration in 2 - 3 Portionen verabreicht werden. Zuvor waren nicht aufgenommene Reste der Vortagesration aus den Trögen entfernt und zurückgewogen worden.

3.2.1.2.1 Zusammensetzung der verwendeten Futtermittel

Die Zusammensetzung des verwendeten Milchaustauschers aus dem Handel geht aus den Tabellen 9 a, b, und c hervor.

Tabelle 9 a: Zusammensetzung des Milchaustauschfutters
(Normtyp entsprechend Ziffer 1.4 der Typenliste (Anlage 2 zu §§ 10-13, 16 der FMV vom 16. 6. 1976 zum FMG vom 2. 7. 1975))

Komponente	Anteil in %
Magermilchpulver	62,0
Fettmischung	18,5
Molkenpulver - teilentzuckertes Molkenpulver	13,0
teilverzuckerte Maisquellstärke	3,5
Vitamin- Spurenelement- Antibiotikavormischung ¹⁾	3,0

1) siehe Tabelle 9 b

Tabelle 9 b: Milchaustauschfutter,
Vitamin-, Spurenelement-, Antibiotika-Vormischung

Zusatzstoff	Gehalt je kg MAT	
Retinol (als Acetat/Palmitat)	17	mg
Cholecalciferol	125	mcg
α - Tocopherolacetat	50	mg
Ascorbinsäure	150	mg
Thiamin	13	mg
Riboflavin	9	mg
Calcium-D-Pantothenat	15	mg
Niacin	60	mg
Pyridoxin	6,5	mg
Folsäure	150	mcg
Cobalamin	32	mcg
Menadion (als MSB)	1,6	mg
Cholin	250	mg
Eisen	80	mg
Mangan	25	mg
Jod	0,8	mg
Zink	70	mg
Kupfer	7	mg
Kobalt	0,2	mg
Zinkbacitracin	40	mg
Virginiamycin	40	mg

Tabelle 9 c: Milchaustauschfutter, Gehalt an Inhaltsstoffen
Deklaration des Herstellers

Inhaltsstoffe	Anteil in %
Magermilchpulver	62,00
Lysin	1,95
Rohprotein	23,85
Rohfett	18,50
Rohfaser	0,65
Rohasche	7,70
Calcium	1,10
Phosphor	0,80
Natrium	0,50

Ab der 8. Versuchswoche im Versuch I wurde der Ca- P-Gehalt des Milchaustauschfutters auf 1,48 % Ca bzw. 0,9 % P angehoben (unter Beibehaltung des Ca/P- Verhältnisses).

Dies wurde durch Zusatz einer Mineralstoffmischung, bestehend aus 88 % Dicalciumphosphat und 12 % Calciumcarbonat, erreicht.

Zur Berechnung des Ca/P- Verhältnisses sowie zur Ermittlung der über das Futter aufgenommenen Ca- und P- Mengen wurden die analytisch ermittelten Daten herangezogen (siehe Tabelle 11).

Über die Zusammensetzung des verwendeten Kraftfutters informieren die Tabellen 10 a, b, c und d.

Tabelle 10 a: Zusammensetzung des Kraftfutters

(Ergänzungsfuttermittel für Aufzuchtkälber)

(Normtyp entsprechend Ziffer 1.3 der Typenliste (Anlage 2 zu §§ 10-13, 16 der FMV vom 16. 6. 1976 zum FMG vom 2. 7. 1975))

Komponente	Anteil in %
Hafer	13,00
Gerste	11,00
Weizen	8,00
Mais	6,00
Leinkuchen- Expeller	11,00
Weizenkleie	11,00
Sojaschrot	9,00
Malzkeime	8,00
Luzernegrünmehl	6,00
Kokos- Expeller	6,00
Magermilchpulver	5,00
Melasse	3,00
Mineralstoffmischung für Kälber ¹⁾	2,00
Vitaminvormischung ²⁾	0,70
Antibiotikavormischung ²⁾	0,30

1) siehe Tabelle 10 b; 2) siehe Tabelle 10 c;

Tabelle 10 b: Kraftfutter,

Spurenelement- und Mineralstoffmischung
für Kälber

	Gehalt je kg KF
Magnesium	60,0 mg
Zink	50,0 mg
Mangan	30,0 mg
Eisen	30,0 mg
Kupfer	5,0 mg
Jod	0,3 mg
Kobalt	0,3 mg
Calcium	9,8 g
Phosphor	6,4 g
Natrium	1,1 g

Tabelle 10 c: Kraftfutter,
Vitamin- und Antibiotikavormischung

Zusatzstoffe	Gehalt je kg KF
Retinol (als Acetat/Palmitat)	11,9 mg
Cholecalciferol	70,0 mcg
α- Tocopherolacetat	25,0 mg
Ascorbinsäure	50,0 mg
Thiamin	7,0 mg
Riboflavin	5,0 mg
Pyridoxin	3,0 mg
Cobalamin	17,0 mcg
Menadion (als MSB)	1,1 mg
Nikotinsäure	25,0 mg
Folsäure	1000,0 mcg
Calcium-D-Pantothenat	20,0 mg
Zinkbacitracin	40,0 mg

Tabelle 10 d: Kraftfutter, Gehalt an Inhaltsstoffen
Deklaration des Herstellers

Inhaltstoff	
Rohprotein	18,20 %
Rohfaser	9,30 %
Rohasche	7,00 %
Rohfett	3,50 %
verd. Protein	172 g/kg
STE	640 /kg

Analytisch ermittelte Daten über den Ca- und P- Gehalt der verwendeten Futtermittel sind aus Tabelle 11 zu ersehen.

Tabelle 11: Analytisch ermittelter Ca- und P- Gehalt der verwendeten Futtermittel

Futtermittel	in % der TS		in % d. lufttr. FM	
	Ca	P	Ca	P
Milchaustauschfutter	1,30	0,97	1,26	0,77
Kraftfutter	1,42	0,73	1,26	0,65
Heu	1,08	0,39	0,94	0,34

Die Zusammensetzung der in den Versuchen I und II verwendeten, selbst hergestellten Mineralfuttermittel geht aus den Tabellen 12 a und b hervor.

Tabelle 12 a: Zusammensetzung des Mineralfutters 1

Komponente	Anteil in %
CaCO_3	80
Laktose	10
Sojaöl	9
Propylenglycoll	1

Das Mineralfutter 1 weist einen rechnerisch bestimmten Ca- Gehalt von 34 % auf.

Tabelle 12 b: Zusammensetzung des Mineralfutters 2

Komponente	Anteil in %
K_2HPO_4	45
Na_2HPO_4	35
Laktose	10
Sojaöl	9
Propylenglycoll	1

Das Mineralfutter 2 hat einen rechnerisch ermittelten P- Gehalt von 15,65 %.

Die in den Versuchen I und II notwendigen Ca- und P-Zulagen für Futter der Gruppen B bzw. C errechneten sich aus entsprechenden Kombinationen der beiden Mineralfutter 1 und 2.

3.2.1.2.2 Fütterung im Versuch I

Dem Versuch I ging eine einwöchige Vorperiode voraus, während der alle 12 Tiere gleichermaßen mit Milchaustauschfutter ernährt wurden. Allen Tieren wurden täglich insgesamt 6 l Milchaustauschtränke (120 g MAT/l Tränke) in zwei gleichen Portionen angeboten.

Während der gesamten Dauer von Versuch I erhielten die Tiere der Gruppe A Milchaustauschfutter.
Über den Tränkeplan informiert Tabelle 13 a.

Die Tränkebecken der Gruppe A waren in diesem Versuch abgestellt, so daß keine Möglichkeit einer zusätzlichen Wasseraufnahme bestand.

Tabelle 13 a: Tränkeplan der Gruppe A im Versuch I

Versuchswoche	3) MAT in % der LM/ Tier und Tag	g MAT/1 Tränke
1	1,4	140
2	1,8	170
3	2,0	200
4	2,2	220
5	2,4	240
6	2,4	240
7	2,0	200
8	2,0	200 ¹⁾
9 ²⁾	2,0	200

1) Ca- P- Gehalt des MAT auf 1,48 % Ca bzw. 0,9 % P des lufttrockenen Futtermittels aufgewertet.

2) Vorperiode zu Versuch III

3) Milchaustauschfutter

Den beiden Umstellungsgruppen B und C wurde vom ersten Versuchstag an Heu zur beliebigen Aufnahme angeboten. Die Kraftfutterzuteilung war auf täglich maximal 1700 g je Tier bemessen. Außerdem sollte das Heu/KF- Verhältnis nicht weiter als 1 : 4 ausfallen (d.h. geringfügige Restriktion der Kraftfuttergabe bei geringem Heuverzehr).

Innerhalb von 3 Wochen wurden die Versuchstiere vom Milchaustauschfutter abgesetzt.

Der Tränkeplan geht aus Tabelle 13 b hervor.

Tabelle 13 b: Tränkeplan der Umstellungsgruppen B und C im Versuch I

Versuchswoche	tägl. Fütterungen	1 Tränke/ Mahlzeit	MAT/1 Tränke in g	MAT/ Tier u. Tag in g
1	2	3	120	720
2	2	3	80	480
3	1	3	80	240

Gruppe A und Gruppe B wurden mit gleichen Mengen Ca und P versorgt. Insofern konnten mögliche Interaktionen auf den P- Haushalt, die sich aus der Höhe der P- Versorgung und der Futterumstellung ergeben könnten, sicher erkannt werden.

Die entsprechende Mischung von Mineralfutter 1 und 2 wurde über das Kraftfutter oder seltener über die Milchaustauschtränke verabreicht. Dabei bekamen die Tiere zunächst nur geringe Mengen Kraftfutter bzw. Milchaustauschtränke mit der gesamten Ca- und P- Zulage angeboten, um eine quantitative Aufnahme dieser Ergänzung sicher zu stellen.

Die Gruppen B und C hatten vom ersten Versuchstag an die Möglichkeit, Wasser aus den Tränkebecken aufzunehmen.

3.2.1.2.3 Fütterung im Versuch II

Der Unterschied im Fütterungsregime dieses Versuchs zum Versuch I besteht darin, daß nun nicht mehr die Gruppe B, sondern die Gruppe C Ca- und P- Zulagen zur Heu- Kraftfuttermischung erhielt. Die Höhe der Ca- und P- Ergänzung richtete sich eine Woche lang nach der Ca- und P- Aufnahme der Kontrollgruppe, in den restlichen vier Versuchswochen war sie an der errechneten Ca- und P- Versorgung einer fiktiven milchaustauschernährten Bezugsgruppe orientiert.

Die freie Wasseraufnahme aus den Tränkebecken war den Tieren zu jeder Zeit möglich.

3.2.1.2.4 Fütterung im Versuch III

Die Tiere der Gruppe A wurden in einem Zeitraum von drei Wochen von der Milchaustauschtränke abgesetzt.

Über den Tränkeplan informiert Tabelle 13 c.

Tabelle 13 c: Tränkeplan der Gruppe A im Versuch III

Versuchswoche	tägl. Fütterungen	1 Tränke/ Mahlzeit	MAT/1 Tränke in g	MAT/ Tier u. Tag in g
1	2	5	120	1200
2	2	5	80	800
3	1	5	80	400

Vom ersten Versuchstag an stand den Tieren Heu ad libitum zur Verfügung. Die Kraftfutteraufnahme war auf 1700 g je Tier und Tag beschränkt. Außerdem sollte das Heu/KF-Verhältnis nicht weiter als 1 : 4 ausfallen.

Die Tiere hatten vom ersten Versuchstag an freien Zugang zu Wasser aus den Tränkebecken.

3.2.1.2.5 Fütterung im Versuch IV

Die neugebildeten Gruppen D und E erhielten ihren Rauhfutteranteil in der Ration in unterschiedlicher Struktur. Während den Tieren der Gruppe D normales Langheu zum Kraftfutter angeboten wurde, bekamen die Tiere der Gruppe E Heu in gemahlener Form (vermahlen in einer Hammelmühle; Siebgröße: 3 mm).

Bei der Zuteilung der Ration wurde darauf geachtet, daß die Tiere beider Gruppen in etwa gleiche Mengen Rauhfutter aufnahmen. Dabei sollte das Heu/KF-Verhältnis wiederum nicht weiter als 1 : 4 ausfallen.

Während der gesamten Versuchsdauer hatten die Tiere die Möglichkeit der freien Wasseraufnahme aus den Tränkebecken.

3.2.2 Versuchsdurchführung

Alle Kälber wurden nach der einwöchigen Vorperiode gewogen und daraufhin auf 3 annähernd gewichtsgleiche Gruppen zu je 4 Tieren verteilt. Die durchschnittliche Lebendmasse in den 3 Gruppen betrug 63,1 kg für Gruppe A, 62,9 kg für Gruppe B und 63,0 kg für Gruppe C.

Diese Gruppeneinteilung hatte Gültigkeit für die Versuche I - III. An Versuch I waren alle drei Gruppen beteiligt; zu Versuch II wurden nur die Gruppen B und C herangezogen; Versuch III wurde lediglich mit Gruppe A durchgeführt.

Für Versuch IV wurden aus den beiden Gruppen B und C zwei neue Gruppen D und E mit je 4 Tieren gebildet. Die Verteilung der Tiere auf die neuzubildenden Gruppen erfolgte gleichmäßig, um Einflüsse aus den vorhergegangenen Versuchen auszuschalten.

In den Versuchen I und II wurden die Kälber einmal wöchentlich gewogen. In Versuch III erfolgte die Bestimmung der Lebendmasse lediglich zu Versuchsbeginn und in der 2., 3. und 5. Versuchswoche sowie zu Versuchsende (11. Versuchswoche). Die Lebendmasse der Tiere in Versuch IV wurde außer zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende (7. Versuchswoche) noch je einmal in der 1. und 5. Versuchswoche festgestellt.

3.2.2.1 Probennahme

Zur Charakterisierung des Ca- P- Stoffwechsels, insbesondere während der Umstellungsphase, wurden im Verlauf der verschiedenen Versuche von jedem Kalb folgende Proben entnommen.

Blut, Blutplasma, Spontanharn, Sammelharn, Speichel.
Über die Anzahl der wöchentlich pro Kalb gesammelten

Proben informieren die Tabellen 14 a, b, c und d.

Tabelle 14 a: Probenanzahl pro Kalb und Woche im Versuch I
(Gruppe A , B und C)

Versuchswoche	Blut/ Blutplasma	Spontanharn	Sammelharn ¹⁾	Speichel
1	2	2	1	2
2	2	2	1	2
3	3	4	1	2
4	2	4	1	2
5	2	4	1	2
6	2	4	1	2
7	2	4	1	2
8	2	4	1	2

1) 2 Tage - Sammelharn

Tabelle 14 b: Probenanzahl pro Kalb und Woche im Versuch II
(Gruppe B und C)

Versuchswoche	Blut/ Blutplasma	Spontanharn	Sammelharn ¹⁾	Speichel
1	2	4	1	2
2	2	3	1	2
3	2	4	1	2
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1

1) 2 Tage - Sammelharn

Tabelle 14 c: Probenanzahl pro Kalb und Woche im Versuch III
(Gruppe A)

Versuchswoche	Blut/ Blutplasma	Spontanharn	Sammelharn ¹⁾	Speichel
1	2	3	1	2
2	2	3	1	2
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	1	2	1
10	1	-	1	1
11	1	2	2	1

1) 2 Tage - Sammelharn

Tabelle 14 d: Probenanzahl pro Kalb und Woche im Versuch IV
(Gruppe D und E)

Versuchswoche	Blut/ Blutplasma	Spontanharn	Sammelharn ¹⁾	Speichel
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	2	1
6	1	1	1	-
7	1	-	-	1
8	1	2	2	1

1) 2 Tage - Sammelharn

3.2.2.1.1 Blut - Blutplasma

Die Blutentnahme erfolgte aus der Vena jugularis, unter Zusatz einer ausreichenden Menge Na- Heparinat. Vor dem Zentrifugieren der Probe wurden 0,2 ml Blut zur Bestimmung der Glucosekonzentration entnommen. Anschließend wurde die Probe 10 Minuten lang bei 3000 Umdrehungen/min. zentrifugiert, und danach das überstehende Plasma mittels einer Pipette (Peleus Ball) abgehebert.

In den Plasmaproben wurde die Ca- und P- Konzentration ermittelt, wobei die Bestimmung der P- Konzentration noch am gleichen Tag erfolgte.

Waren mehrere Proben aus einer Versuchswoche pro Kalb vorhanden, so erfolgte die Ca- Analyse aus einer Mischung dieser Einzelproben.

3.2.2.1.2 Spontanharn

Zur Gewinnung von Spontanharnproben wurden den Kälbern Plastikbecher ($\varnothing$ ca. 12 cm) umgebunden, in denen spontan abgesetzter Harn gesammelt werden konnte. Unmittelbar nach dem Auffangen der Probe wurde der Harn- pH- Wert bestimmt. Dies geschah unter Verwendung eines pH- Meters mit Einstabmeßkette und Digitalanzeige (pH- Digi 550, Fa. WTW Weilheim). Vor jeder Verwendung wurde das Gerät in den pH- Bereichen 4,0 und 7,0 bei sauren Harnreaktionen, bzw. 7,0 und 9,0 bei alkalischen Harnreaktionen geeicht. Stichprobenartig durchgeführte pH- Messungen mittels Indikatorpapier (Neutralit pH 5 - 10, Fa. Merck, Darmstadt) ergaben eine gute Übereinstimmung mit den Meßwerten des Gerätes.

Folgende Parameter wurden im Spontanharn bestimmt: Phosphor und Kreatinin. Die Ermittlung der P- Konzentration erfolgte meist am Tag der Probennahme.

3.2.2.1.3 Sammelharn

Die quantitative Harnsammlung erfolgte unter Verwendung von Urinalen, wie sie WANDL (1975) und ADAM (1976) beschrieben haben. Die Sammelharnprobe wurde über einen Zeitraum von 48 Stunden aufgefangen. Das Anlegen und die Abnahme der Urinalen erfolgte jeweils um 10 Uhr. Um ein Ausfallen von Ca bzw. P zu verhindern, wurden in die Harnbehälter vor der Sammelperiode in den Versuchen I und II jeweils 50 ml, in den Versuchen III und IV 100 ml 20 %ige H_2SO_4 vorgelegt.

Nach gründlicher Durchmischung und Feststellung der Harnmenge am Ende der Sammelperiode wurden ca. 40 ml davon in ein Polyäthylenfläschchen abgefüllt.

Die mit zunehmendem Alter der Tiere größer werdenden Harnmengen machten eine tägliche Entleerung der Sammelbehälter erforderlich. Aus den beiden so gewonnenen Einzelproben wurde gemäß dem Verhältnis der gemessenen Harnmengen eine Mischprobe von ca. 40 ml hergestellt. Die Probe des Vortages wurde dazu solange im Kühlschrank bei $+ 4^{\circ} C$ aufbewahrt.

Im Sammelharn wurden folgende Analysen durchgeführt: Calcium, Phosphor, Kreatinin.

Die P- Konzentration wurde meist sofort bestimmt.

3.2.2.1.4 Speichel

Die Entnahme der Speichelprobe erfolgte mittels eines Kunstschwammes. Der in einer großen Arterienklemme befestigte Schwamm wurde in das Vestibulum buccale eingeführt und in Höhe der Mündung des Parotisausführungsganges deponiert. Nach mehrmaligem Kauen wurde der Schwamm über einem mit einem Trichter bestückten Probengefäß ausgepreßt. Dieser Vorgang mußte, solange die Kälber noch klein waren, oft mehrmals wiederholt werden, um eine Probenmenge von ca. 5 ml zu gewinnen. Nach Beendigung der Probennahme wurde der Schwamm ver-

worfen, die Arterienklemme mit Aqua dest. gereinigt und mit einem Papierhandtuch getrocknet.

Die Speichelprobenentnahme erfolgte an den entsprechenden Tagen etwa um 14 Uhr.

Bestimmt wurde im Speichel die P- und Ca- Konzentration, wobei die Ca- Bestimmung aus einer Mischprobe erfolgte, wenn für ein Kalb mehr als eine Probe je Woche vorlag.

3.2.3 Analytische Methoden

3.2.3.1 Phosphorbestimmung

Die P- Konzentration im Blutplasma, Speichel und Harn wurde mit Hilfe von Testreagenzien (Boehringer Diagnostica, Test- Combination Phosphor und Phosphorlipide, Best. Nr.: 124974) bestimmt. Diesem Test liegt die Molybdat - Vanadat- Methode zugrunde. Dabei wird Phosphor in salpetersaurer Lösung in einen gelben Farbkomplex übergeführt, dessen Intensität photometrisch bei 405 nm gemessen wird.

Zur Messung wurde ein Digitalphotometer (6114 S, Eppendorf) mit Drucker (6522, Eppendorf) verwendet.

Die Berechnung der P- Konzentration erfolgte über den Vergleich der gemessenen Extinktion mit der einer Standardlösung.

Die Harnproben wurden vor der Analyse 1 : 20 mit Aqua dest. verdünnt.

3.2.3.2 Calciumbestimmung

Die Bestimmung der Calciumkonzentration im Blutplasma und im Speichel erfolgte nach der o- Kresolphthalein-Komplexon- Methode, unter Verwendung von Testreagenzien (Boehringer Diagnostica, Test- Combination Calcium, Best. Nr.: 204382). Das Testprinzip dieser Methode be-

steht darin, daß Calciumionen mit o- Kresolphthalein-Komplexon in alkalischer Lösung einen violetten Farbkomplex bilden, dessen Intensität bei 578 nm photometrisch gemessen wird. Die Messung erfolgte mit Hilfe eines Digitalphotometers (6114 S, Eppendorf) mit Drucker (6522, Eppendorf).

Die Ca- Konzentration wurde dann unter Vergleich der Probenextinktion mit der Extinktion eines Standards errechnet.

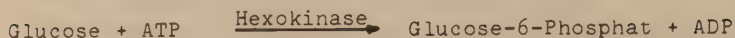
Im Harn erfolgte die Ca- Bestimmung nach der Methylthymolblau- Methode. Dazu fanden ebenfalls Testreagenzien (Biomed Labordiagnostik, München, Calcium - Duo) Verwendung. Das Prinzip dieses Tests besteht darin, daß Ca-Ionen mit dem Farbstoff Methylthymolblau einen stabilen Farbkomplex bilden, wobei die Extinktionszunahme bei 578 nm der Ca- Konzentration direkt proportional ist. Die Extinktion wurde ebenfalls mit dem Digitalphotometer (6114 S, Eppendorf) mit Drucker (6522, Eppendorf) bei 578 nm gemessen.

Vor der Analyse wurden die Harnproben 1 : 1 mit Aqua dest. verdünnt. Die Ca- Konzentration errechnete sich auch hier aus dem Vergleich mit einem Standard und unter Berücksichtigung der Verdünnungsstufe.

3.2.3.3 Glucosebestimmung

Die Glucosekonzentration im Vollblut wurde nach Enteiweißung enzymatisch mit Hilfe der Hexokinase - G6P-DH- Methode unter Verwendung eines Testsatzes bestimmt (Boehringer Diagnostica, Gluco - quant, Best.Nr.: 263826). In diesem Test wird über enzymatische Reaktionen mit Hexokinase und Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase schließlich NADP^+ zu NADPH reduziert. Da NADPH im Gegensatz zu NADP bei 340 nm ein breites Absorptionsspektrum besitzt, kann die Reaktion photometrisch gemessen werden.

Die Reaktion läuft in folgenden Schritten ab:



Die Messung der Extinktion erfolgte mit dem Digitalphotometer (6114 S, Eppendorf) mit Drucker (6522, Eppendorf) bei 365 nm vor und 10 Minuten nach Enzymzugabe. Aus der Differenz der beiden Extinktionswerte, die von der gebildeten Menge NADPH und damit von der Glucosekonzentration in der Probe abhängt, wurde unter Berücksichtigung eines Faktors die Glucosekonzentration errechnet.

Die Blutproben wurden vor der Analyse mit 0,33 N Perchlorsäure im Verhältnis 1 : 10 enteiweißt.

3.2.3.4 Kreatininbestimmung

Die Kreatininbestimmung im Harn wurde mit dem Beckman Kreatinin- Analysator 2 durchgeführt.

Die dem Gerät eigene Arbeitsweise und das Reaktionsprinzip sind bei MÜLLER (1982) beschrieben.

3.3 Versuchsverlauf

Tierverluste traten während der 5- monatigen Gesamtversuchsdauer nicht auf. Während der 5. Versuchswoche in Versuch I wurden sämtliche Kälber über einen Zeitraum von 5 Tagen wegen Erkrankung des Respirationstraktes tierärztlich behandelt.

Mit zunehmendem Alter der Tiere gestaltete sich die quantitative Harnsammlung problematisch, so daß besonders in den Versuchen III und IV zwar von allen Tieren Harnproben vorlagen, die exakte Harnmenge jedoch nicht in jedem Fall bestimmt werden konnte.

3.4 Versuchsauswertung

Die gemessenen Daten werden mit Ausnahme des Harn- pH- Wertes in der Regel als Wochenmittelwerte der Versuchsgruppen angegeben. Im Anhang sind diese Daten nach Probanden aufgelistet als Gruppenmittelwerte $\pm$ Standardabweichung einzeln wiedergegeben.

Regressionsanalytische Berechnungen wurden über den zeitlichen Verlauf des Harn- pH- Wertes (Versuch I und III) und des P/Kreatininquotienten (Versuch I und III) vorgenommen. Die Beziehung zwischen der P- Aufnahme und der renalen P- Ausscheidung (Versuch I und III) sowie zwischen der Speichel- P- Konzentration und der renalen P- Ausscheidung (Versuch I und III) wurden korrelationsstatistisch geprüft. Änderungen im Harn- pH- Wert von Versuch I auf Versuch II wurden mittels des Friedman- Tests mit angeschlossenem multiplen Vergleich nach Wilcoxon und Wilcoxon auf Signifikanz untersucht. Der Anstieg der P- Konzentration im Speichel (Versuch I) wurde mit Hilfe des Wilcoxon Paartests auf Signifikanz geprüft.

Statistische Methoden siehe bei SACHS (1974).

3.5 Ergebnisse

3.5.1 Versuch I

3.5.1.1 Lebendmassezunahme

Die wöchentlich festgestellte Lebendmasse der Tiere mit den täglichen LM- Zunahmen sind in Tabelle 15 zu finden.

Tabelle 15: Mittlere LM und LM- Zunahmen in Versuch I

Gruppe	LM in kg			LM- Zunahme in g/Tag		
	A	B	C	A	B	C
Versuchswoche						
0	63,1	62,9	63,0			
1	66,0	65,5	69,1	414	371	871
2	72,7	69,2	73,6	957	528	657
3	81,2	74,0	78,6	1214	685	714
4	91,7	79,7	83,7	1500	814	728
5	103,0	85,7	87,7	1614	857	542
6	115,5	89,5	92,6	1785	542	728
7	124,2	93,7	97,0	1242	600	628
8	134,9	99,6	102,6	1528	842	800

3.5.1.2 Futterverzehr und Calcium- Phosphor- Aufnahme

Die den Umstellungsgruppen über einen Zeitraum von 3 Wochen nach Versuchsbeginn angebotene Milchaustauschtränke wurde von beiden Gruppen mit Ausnahme eines Tieres der Gruppe C vollständig aufgenommen. Dieses Kalb trank am Tag 4 bzw. 6 abends nur 1 l bzw. 2 l von den angebotenen 3 l Milchaustauschtränke.

In der Kontrollgruppe war die Aufnahme der Milchaustauschtränke zunächst vollständig. Doch bei einer Tränkekonzentration von 240 g/l und einer Tränkemenge von 2,4 % der LM (5./6. Versuchswoche) stellten sich bei einem Tier Verzehrsdepressionen ein, die so weit führten, daß einmal eine Abendmahlzeit ganz ausgelassen wurde. Daraufhin wurde die Tränkekonzentration und die -menge gesenkt, worauf die Milchaustauschtränke von allen Kälbern wieder quantitativ aufgenommen wurde.

Die Tiere der beiden Umstellungsgruppen nahmen Heu und Kraftfutter zunächst nur zögernd, mit zunehmender Versuchsdauer jedoch mit immer größerer Freßlust auf.

Über den durchschnittlichen Futterverzehr informiert Tabelle 16.

Angaben über die damit aufgenommenen Mengen an Calcium und Phosphor und über das Ca/P- Verhältnis sind aus Tabelle 17 ersichtlich.

Die Wasseraufnahme aus den Selbsttränkeeinrichtungen erlernten die Kälber recht schnell. Bereits in der 2. Versuchswoche konnten alle Tiere der beiden Umstellungsgruppen bei der Wasseraufnahme aus den Tränkebecken beobachtet werden.

Tabelle 16: Mittlere Futteraufnahme in g/Tier und Tag
in Versuch I

Versuchswoche	Gruppe	MAT ¹⁾	KF ²⁾	HEU
1	A	884	---	---
	B	720	104	76
	C	707	351	153
2	A	1189	---	---
	B	480	410	167
	C	480	728	279
3	A	1470	---	---
	B	240	851	299
	C	240	1062	338
4	A	1793	---	---
	B	---	1362	399
	C	---	1394	587
5	A	2113	---	---
	B	---	1500	635
	C	---	1483	830
6	A	2360	---	---
	B	---	1700	747
	C	---	1700	850
7	A	2256	---	---
	B	---	1700	920
	C	---	1700	955
8	A	2317	---	---
	B	---	1700	1093
	C	---	1700	1037

1) Milchaustauschfutter

2) Kraftfutter

Tabelle 17: Mittlere Ca- P- Aufnahme in g/Tier und Tag
in Versuch I

Versuchswoche	Gruppe	Ca-Aufnahme	P-Aufnahme	Ca/P
1	A	11,14	6,76	1,65
	B	11,14	6,76	1,65
	C	14,75	8,19	1,80
2	A	14,98	9,10	1,65
	B	14,98	9,10	1,65
	C	17,81	9,31	1,91
3	A	18,52	11,24	1,65
	B	18,52	11,24	1,65
	C	19,53	9,83	1,99
4	A	22,59	13,72	1,65
	B	22,59	13,72	1,65
	C	23,01	10,99	2,09
5	A	26,63	16,16	1,65
	B	26,63	16,16	1,65
	C	26,41	12,39	2,13
6	A	29,74	18,05	1,65
	B	29,74	18,05	1,65
	C	29,33	13,86	2,12
7	A	29,98	17,26	1,74
	B	29,98	17,26	1,74
	C	30,31	14,21	2,13
8	A	34,20	20,85	1,65
	B	34,20	20,85	1,65
	C	31,08	14,49	2,14

3.5.1.3 pH- Werte im Spontanharn

Der Harn- pH- Wert lag bei allen drei Gruppen zu Versuchsbeginn erwartungsgemäß im physiologisch sauren Bereich. Diese Harnreaktion blieb bei der Kontrollgruppe auch während der gesamten Versuchsdauer erhalten (pH 5,6 zu Versuchsbeginn, pH 6,0 bei Versuchsende).

Im Gegensatz dazu stiegen mit abnehmender Aufnahme von Milchaustauschfutter und zunehmendem Verzehr von Heu und Kraftfutter die Harn- pH- Werte der beiden Umstellungsgruppen deutlich an.

In Gruppe B erfolgte der Anstieg von pH 5,9 zu Versuchsbeginn auf Werte um pH 8,0 in der 3. Versuchswoche. Bis zum Versuchsende stellte sich ein weiterer Anstieg auf pH 8,3 ein.

Bei Gruppe C nahm der Harn- pH von 6,0 zu Versuchsbeginn auf Werte um 8,0 in der 3./4. Versuchswoche zu. Anschließend zeigte sich bis zum Versuchsende eine weitere pH- Wert- Erhöhung auf pH 8,6.

Ab der 4. Versuchswoche lag der Harn- pH in Gruppe C um ca. 0,3 höher als bei Gruppe B.

Der zeitliche Verlauf der pH- Werte im Spontanharn ist aus Abbildung 1 ersichtlich; in Tabelle A.1 sind für jeden Probenstag die Mittelwerte mit den Standardabweichungen angegeben.

Der pH- Anstieg im Harn erfolgte in beiden Umstellungsgruppen kurvilinear und läßt sich folgendermaßen in Gleichungen darstellen:

Gruppe B: $y = 5,61 + 0,694 \cdot \ln x$; $r = 0,85$; $n = 112$; $p < 0,01$;

Gruppe C: $y = 5,48 + 0,774 \cdot \ln x$; $r = 0,77$; $n = 112$; $p < 0,01$;

Der Kurvenverlauf beider Funktionen ist aus Abbildung 1 ersichtlich.

Bei drei Kälbern der Umstellungsgruppe C verläuft der pH- Anstieg im Harn sehr ähnlich.

Ein Kalb dieser Gruppe zeigt dagegen eine etwas langsamere und später einsetzende pH- Wert- Erhöhung.

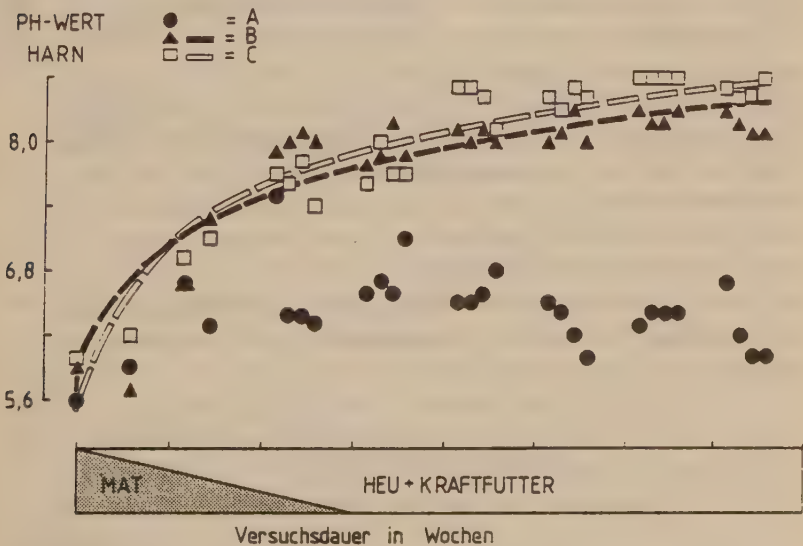
Berechnet man den pH- Anstieg nur für die drei sich sehr ähnlich verhaltenden Tiere, so ergibt sich folgende Formel:

$$y = 5,99 + 0,666 \cdot \ln x; r = 0,87; n = 84; p < 0,01$$

Für das gesondert betrachtete Kalb läßt sich für die pH- Wert- Zunahme eine lineare Beziehung angeben.

$$y = 5,33 + 0,069 \cdot x; r = 0,89; n = 28; p < 0,01$$

ABBILDUNG 1



3.5.1.4 Renale Calcium- und Phosphor- Ausscheidung

Die Bestimmung der P- Konzentration im Harn erfolgte sowohl in den Sammelharnproben, als auch in den Spontanharnproben.

Die renale Ca- Ausscheidung wurde nur in den Sammelharnproben ermittelt.

Konnte die Sammelharnmenge nicht eindeutig bestimmt werden, weil etwa die Gurte der Urinale gerissen oder der Gummitrichter verrutscht waren, so wurden diese Proben nicht zur Ermittlung der absoluten und prozentualen Ca- und P- Ausscheidung im Harn herangezogen.

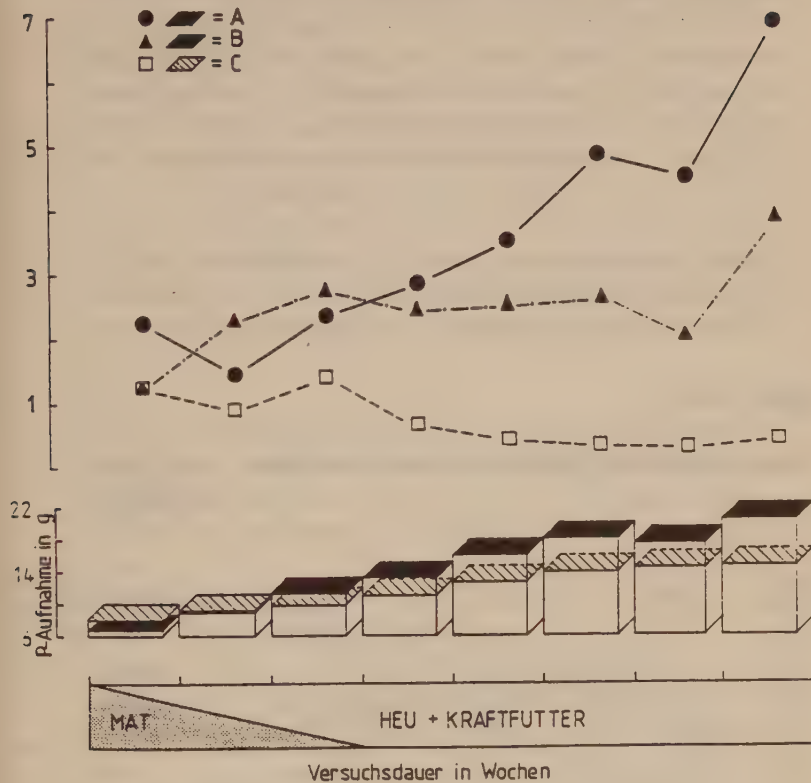
Die Kontrollgruppe schied bei einer mittleren Aufnahme von 6,76 g P/Tier und Tag zu Versuchsbeginn durchschnittlich 2,25 g Phosphor über die Nieren aus (Sammelharn). Diese Ausscheidungsrate erhöhte sich zum Versuchsende bei einer P- Aufnahme von 20,69 g auf 6,90 g P/Tier und Tag.

In der Umstellungsgruppe B zeigte sich dagegen bei völlig gleicher (Ca- und) P- Versorgung ein Anstieg der täglich ausgeschiedenen Harn- P- Mengen von 1,26 g auf nur 3,84 g/Tier. Im Gegensatz dazu sank die renale P- Ausscheidung der Gruppe C erwartungsgemäß von 1,27 g/Tier und Tag zu Versuchsbeginn auf 0,37 g/Tier und Tag zum Versuchsende ab. Die P- Aufnahme betrug dabei durchschnittlich je Tier und Tag 8,19 g zu Versuchsbeginn, bzw. 14,49 g bei Versuchsende.

Der zeitliche Verlauf der renalen P- Ausscheidung (absolute Mengen) sowie die P- Aufnahme sind in Abbildung 2 dargestellt (siehe auch Tabelle A. 2).

ABBILDUNG 2

RENALE PHOSPHOR-AUSSCHIEDUNG in g/Tier und Tag



Die renale P- Ausscheidung in Prozent des mit dem Futter aufgenommenen Phosphors verhält sich in den Gruppen A und C in etwa genauso wie die absolute P- Ausscheidung im Harn.

Bei Gruppe A zeigt sich nach anfänglicher Abnahme der prozentualen P- Ausscheidung von 34 % in der 1. Versuchswoche auf 16 % in der 2. Versuchswoche ein stetiger Anstieg auf ca. 33 % bis zum Versuchsende (8. Versuchswoche).

Während Gruppe C in der 1. Versuchswoche noch ca. 15 % des täglich aufgenommenen Phosphors renal ausschied, fiel diese Rate bis zum Versuchsende auf 2 - 3 % ab.

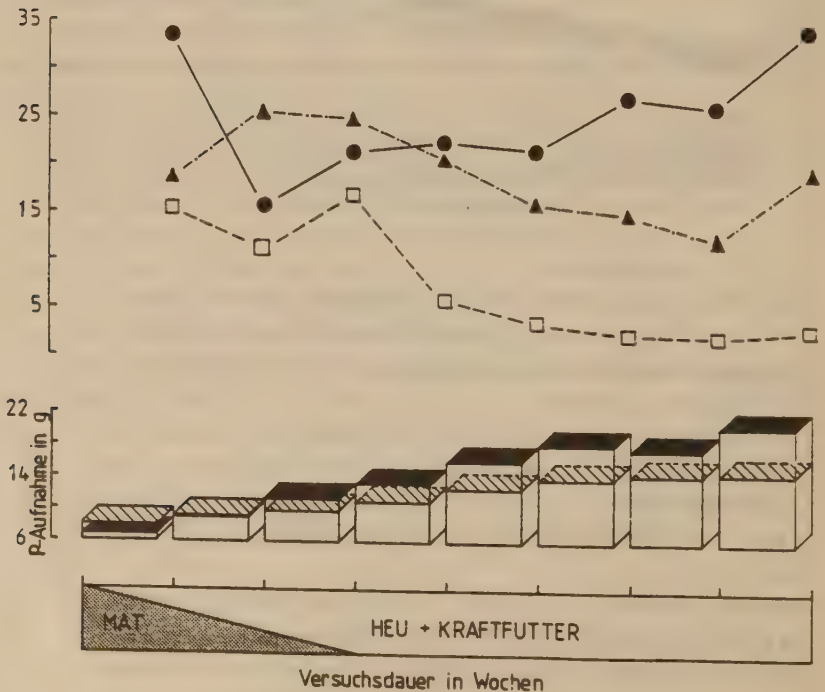
In Gruppe B ist im Gegensatz zur absoluten P- Ausscheidung, bei der ein Anstieg festgestellt werden konnte, ein Absinken der prozentualen P- Ausscheidung im Harn zu erkennen. Dieser Abfall erfolgte nach anfänglichem Anstieg von 19 % auf 25 % kontinuierlich bis auf ca. 12 % in der 7. Versuchswoche. In der 8. Versuchswoche ist wieder eine Erhöhung dieser Ausscheidungsrate auf ca. 18 % der Phosphoraufnahme festzustellen.

Weitere Daten über die renale P- Ausscheidung in % der Aufnahme gehen aus Tabelle A. 3 hervor; über den Zeitverlauf dieses Parameters informiert Abbildung 3.

ABBILDUNG 3

RENALE PHOSPHOR-AUSSCHIEDUNG in Prozent der Aufnahme

● = A
▲ = B
□ = C



Nach BOEHNCKE et al. (1979) stellt der Phosphor/Kreatininquotient einen brauchbaren Parameter für die P-Ausscheidung im Harn dar.

Dieser Quotient, ein Ausdruck der relativen P-Ausscheidung im Harn, wurde sowohl in den Spontanharn- als auch in den Sammelproben ermittelt.

Über diese Werte informieren die Tabellen A. 4 und A. 5

Für die graphische Darstellung in Abbildung 4 wurden aus den vorliegenden Einzelwerten 2 Mittelwerte pro Woche gebildet. Dazu gingen die Daten aus den über 48 Stunden gewonnenen Sammelharnproben zweifach gewichtet ein.

Der Phosphor/Kreatininquotient in der Kontrollgruppe wies während des Versuchs mehr oder weniger deutliche Schwankungen auf. Die Werte bei Versuchsbeginn (5,3) und bei Versuchsende (5,0) liegen auf etwa demselben Niveau.

Nur geringfügig tiefere Werte wurden in der Umstellungsgruppe B bei Versuchsende gemessen (4,8).

Eine deutlich abfallende Tendenz des Phosphor/Kreatininquotienten ist dagegen für die Umstellungsgruppe C zu erkennen (3,5 bei Versuchsbeginn, 0,3 zu Versuchsende).

Der Abfall des Quotienten in der Gruppe C erfolgt kurvenförmig und kann in folgender Gleichung ausgedrückt werden:

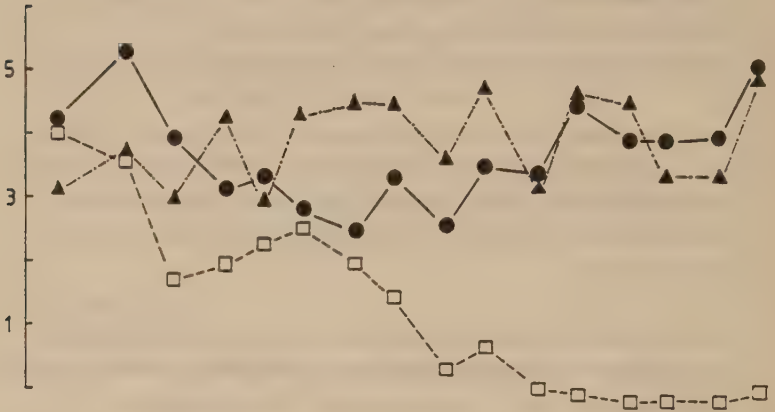
$$y = 4,66 - 1,061 \cdot \ln x; r = 0,69; n = 64; p < 0,01$$

ABBILDUNG 4

PHOSPHOR / KREATININQUOTIENT IM HARN (mmol/l: mmol/l)

(Spontanharn + Sammelharn)

● = A
▲ = B
□ = C



Die Ca- Ausscheidung im Sammelharn nahm bei der Kontrollgruppe von durchschnittlich 32 mg/Tier und Tag in der 1. Versuchswoche (mittlere Ca- Aufnahme: 11,14 g) auf 344 mg je Tier und Tag bei einer Ca- Aufnahme von 34,20 g zu. In Prozent der Ca- Aufnahme ausgedrückt, bedeutet dies eine Steigerung der renalen Ca- Ausscheidung von 0,3 % auf Werte knapp über 1 %.

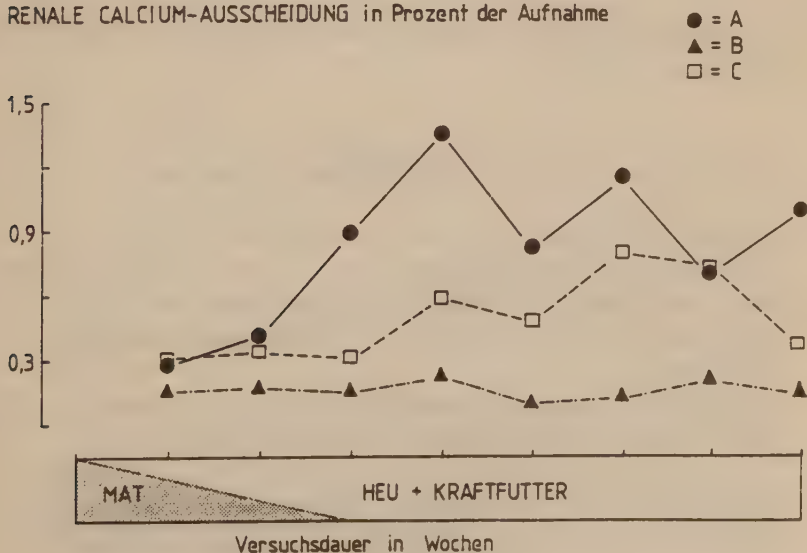
In der Gruppe B blieb die Ca- Ausscheidung im Harn mit 20 - 60 mg/Tier und Tag während der gesamten Versuchsdauer nahezu unverändert. Dies entspricht einer durchschnittlichen Ausscheidung von ca. 0,2 % der Ca- Aufnahme. Bei Gruppe C ist in den ersten 6 Versuchswochen ein Anstieg der renalen Ca- Ausscheidung von 44 mg/Tier und Tag auf täglich 234 mg je Tier zu erkennen. Bis zur 8. Versuchswoche fiel diese Ausscheidungsrate wieder auf 114 mg/Tier und Tag ab. Unter Berücksichtigung der entsprechenden Ca- Aufnahme bedeutet dies eine Ca- Ausscheidung über die Nieren von 0,3 - 0,8 %.

Angaben über die absolute bzw. prozentuale Ca- Ausscheidung im Sammelharn finden sich in Tabelle A. 6 und Tabelle A. 7.

Der zeitliche Verlauf der renalen Ca- Ausscheidung in Prozent der Aufnahme geht aus Abbildung 5 hervor.

ABBILDUNG 5

RENALE CALCIUM-AUSSCHIEDUNG in Prozent der Aufnahme



Auch bei der Betrachtung des Ca Kreatininquotienten ist in den Gruppen A und C ein Anstieg festzustellen, während der Quotient sich bei Gruppe B in den 8 Versuchswochen nicht wesentlich ändert, jedoch deutlich niedriger liegt als in den Gruppen A und C. Tabelle 18 informiert über den Ca Kreatininquotienten.

Tabelle 18: Ca Kreatininquotient im Sammelharn

Gruppe Versuchswoche	A		B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	0,07	0,03	0,04	0,03	0,08	0,04
2	0,12	0,09	0,04	0,02	0,08	0,07
3	0,15	0,07	0,04	0,01	0,08	0,06
4	0,20	(0,14) ¹⁾	0,07	0,01	0,15	(0,10) ²⁾
5	0,18	0,08	0,04	0,01	0,17	0,08
6	0,23	0,06	0,05	0,02	0,30	0,18
7	0,18	0,12	0,07	0,03	0,24	0,12
8	0,20	0,17	0,06	0,04	0,13	0,03

1) n = 2; 2) n = 3;

3.5.1.5 Calcium- und Phosphorgehalt im Speichel

Die Ca- Konzentration im Speichel lag im Mittel bei $0,26 \pm 0,09$ mmol/l (Spannweite 0,11 - 0,59 mmol/l), ohne dabei jedoch irgendwelche Unterschiede zwischen den Gruppen oder zeitabhängige Veränderungen erkennen zu lassen.

Über die mittleren Ca- Konzentrationen im Speichel während der 8 Versuchswochen orientiert Tabelle A. 8.

Hinsichtlich der P- Konzentration im Speichel ergab sich zwischen den Umstellungsgruppen und der milchhaus-

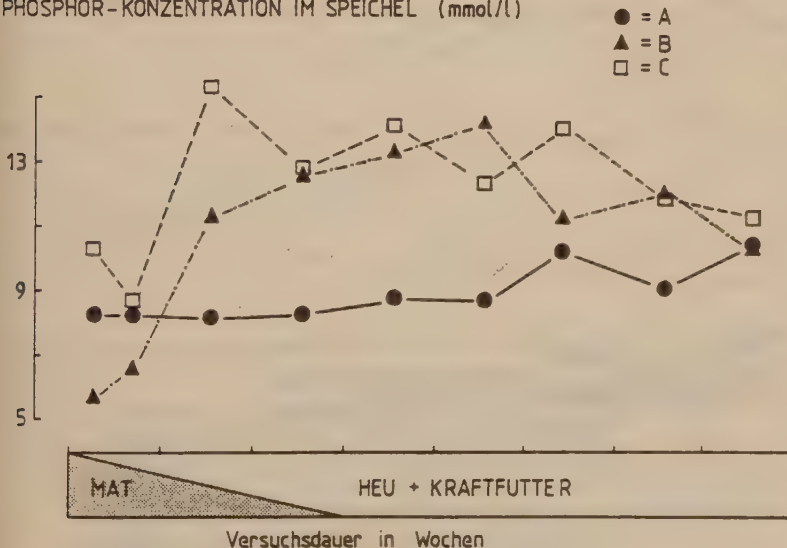
tauschernährten Kontrollgruppe ein erheblicher Unterschied. Die Speichel- P- Konzentration in der Gruppe A zeigte über die gesamte Versuchsdauer einen leichten, relativ kontinuierlichen Anstieg von $8,3 \pm 1,1$ mmol/l in der 1. Versuchswoche auf $10,4 \pm 0,9$ mmol/l in der 8. Versuchswoche.

Dagegen nahm die P- Konzentration im Speichel beider Umstellungsgruppen B und C innerhalb der ersten 4 Versuchswochen von $8,1 \pm 3,2$ mmol/l auf $13,7 \pm 3,2$ mmol/l zu. Bis zum Versuchsende (8. Versuchswoche) fiel die Speichel- P- Konzentration allerdings wieder ab. Bei Gruppe B sank die P- Konzentration auf $10,3 \pm 2,0$ mmol/l, bei Gruppe C auf $11,4 \pm 1,9$ mmol/l Speichel ab.

Über die P- Konzentration im Speichel informiert Tabelle A. 9; die zeitliche Änderung ist in Abbildung 6 graphisch dargestellt.

ABBILDUNG 6

PHOSPHOR-KONZENTRATION IM SPEICHEL (mmol/l)



3.5.1.6 Calcium- und Phosphorkonzentration im Blutplasma

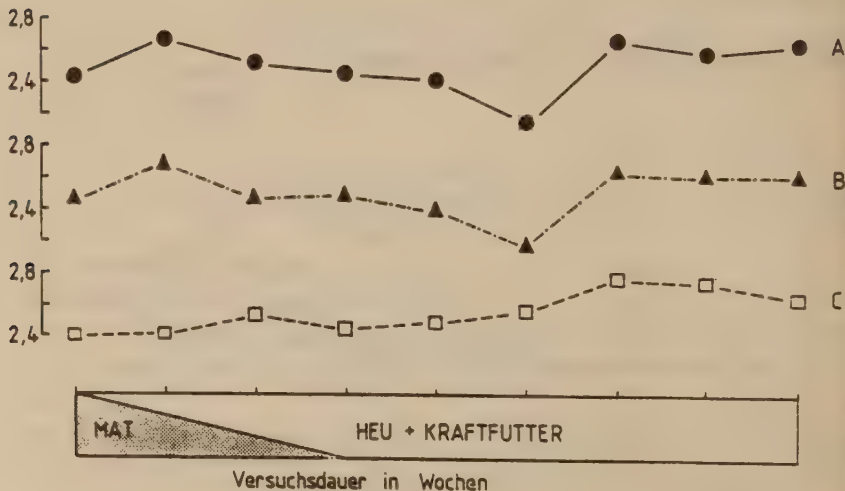
Die im Blutplasma gemessenen Ca- Konzentrationen während dieses Umstellungsversuchs scheinen keinerlei zeit- und fütterungsabhängigen Einflüssen zu unterliegen.

Der mittlere Ca- Gehalt über die gesamte Versuchsdauer betrug $2,52 \pm 0,21$ mmol/l Plasma.

Der relativ konstante Verlauf der Plasma- Ca- Konzentration ist aus Abbildung 7 ersichtlich. Die Wochenmittelwerte mit den Standardabweichungen gehen aus Tabelle A. 10 hervor.

ABBILDUNG 7

CALCIUM-KONZENTRATION IM PLASMA (mmol/l)



Die P- Konzentration im Blutplasma lag zu Versuchsbeginn in allen drei Gruppen bei etwa 2,4 mmol/l mit einer Spannweite von 2,06 - 2,48 mmol/l.

In der milchaustauschernährten Kontrollgruppe sowie bei der in gleicher Höhe mit Ca und P versorgten Versuchsgruppe B zeigte sich im Versuchsverlauf eine Zunahme der P- Konzentration im Plasma.

Während dieser Anstieg bei Gruppe A bis zur 6. Woche auf ca. 3,3 mmol/l erfolgte, erhöhte sich die Plasma- P- Konzentration in Gruppe B bis zur 5. Woche auf etwa 2,6 mmol/l. Bei beiden Gruppen fiel der P- Gehalt im Plasma bis zum Versuchsende wieder geringfügig ab.

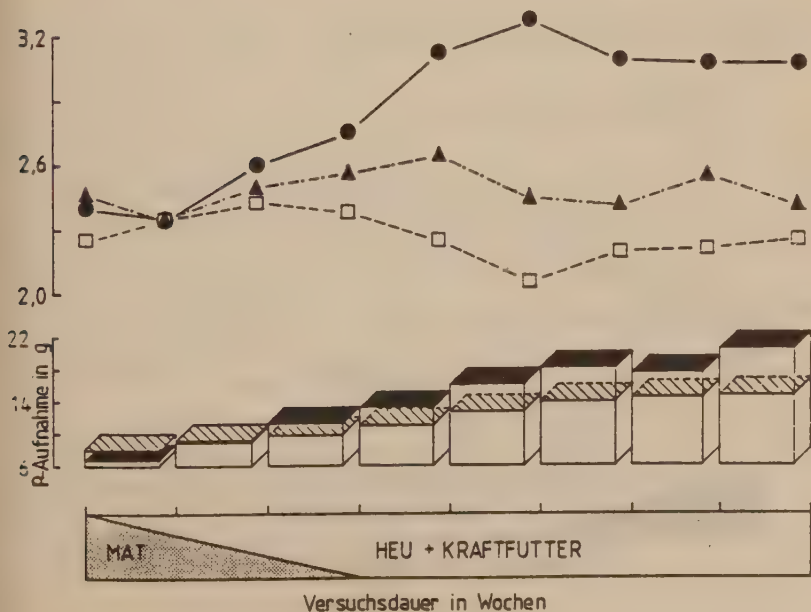
Der bei Gruppe C während der ersten 3 Versuchswochen relativ konstante Plasma- P- Spiegel (2,4 mmol/l) sank auf Werte um 2,2 mmol/l ab und lag somit nach der 1. Versuchswoche immer deutlich unter den Plasma- P- Spiegeln der Gruppe A und B.

Abbildung 8 veranschaulicht den zeitlichen Verlauf der P- Konzentration im Blutplasma (siehe auch Tabelle A. 11).

ABBILDUNG 8

PHOSPHOR-KONZENTRATION IM PLASMA (mmol/l)

● = A
▲ = B
□ = C



3.5.1.7 Glucosekonzentration im Blut

Der Glucosegehalt im Blut nüchterner Kälber lag zu Versuchsbeginn bei etwa 3,6 mmol/l mit Extremwerten von 3,0 und 4,9 mmol/l.

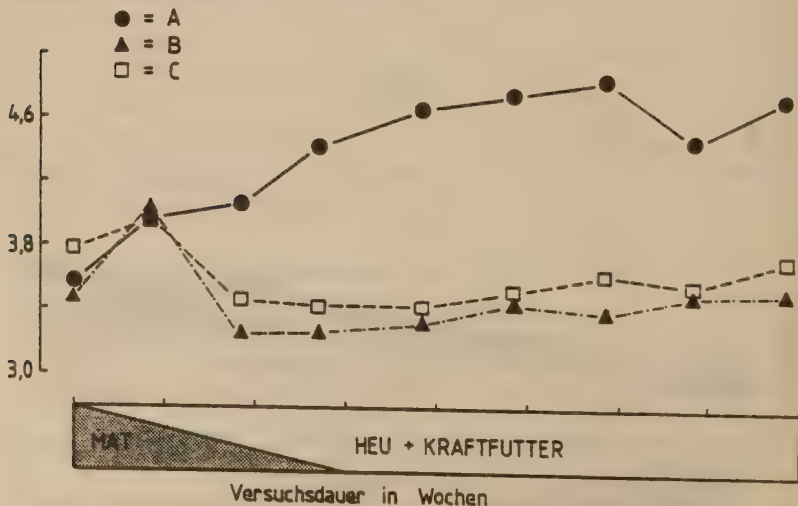
Während in der milchaustauschernährten Gruppe A die Blutglucosekonzentration bis zur 4. Versuchswoche auf Werte zwischen 4,5 und 4,8 mmol/l anstieg und auch bis zum Versuchsende in gleicher Höhe verblieb, zeigte sich bei den beiden Umstellungsgruppen B und C nach kurzem Anstieg in der 1. Versuchswoche auf 4,1 bzw. 3,9 mmol/l bereits in der 2. Woche ein Abfall der Glucosekonzentration im Blut auf Werte um 3,3 mmol/l bei Gruppe B bzw. 3,4 mmol/l bei Gruppe C. Bis zum Versuchsende stieg der Glucosegehalt im Blut bei beiden Versuchsgruppen wieder leicht an, überschritt aber einen zu Versuchsanfang ermittelten Wert von 3,8 mmol/l nicht mehr.

Abbildung 9 stellt die Veränderungen graphisch dar.

Die Gruppenmittelwerte sind aus Tabelle A. 12 ersichtlich.

ABBILDUNG 9

GLUCOSE-KONZENTRATION IM BLUT (mmol/l)



3.5.2 Versuch II

3.5.2.1 Lebendmassezunahme

Aus Tabelle 19 sind die wöchentlich festgestellten Lebendmassen der Versuchstiere sowie die täglichen LM- Zunahmen ersichtlich.

Tabelle 19: Mittlere LM und LM- Zunahmen in Versuch II

Gruppe	LM in kg		LM- Zunahme in g/Tag	
	B	C	B	C
Versuchswoche				
0	99,6	102,6		
1	104,6	107,8	625	650
2	109,3	112,3	587	600
3	116,5	118,4	900	725
4	122,6	124,8	762	800
5	127,4	129,7	600	612

3.5.2.2 Futterverzehr und Calcium- Phosphor- Aufnahme

Die Tiere beider Versuchsgruppen zeigten während der gesamten Versuchsdauer guten Appetit. Auch die Ca- und P- Zulagen zum Futter der Gruppe C wurden täglich quantitativ aufgenommen.

Soweit beobachtet werden konnte, war die Wasseraufnahme ungestört.

Über den durchschnittlichen Futterverzehr während der 5- wöchigen Versuchsdauer informiert Tabelle 20. Die damit aufgenommenen Ca- und P- Mengen gehen aus Tabelle 21 hervor.

Tabelle 20: Mittlere Futteraufnahme in g/Tier und Tag
in Versuch II

Versuchswoche	Gruppe	KF	HEU
1	B	1700	1256
	C	1700	1231
2	B	1700	1386
	C	1700	1310
3	B	1700	1481
	C	1700	1440
4	B	1700	1599
	C	1700	1568
5	B	1700	1778
	C	1700	1736

Tabelle 21: Mittlere Ca- P- Aufnahme in g/Tier und Tag
in Versuch II

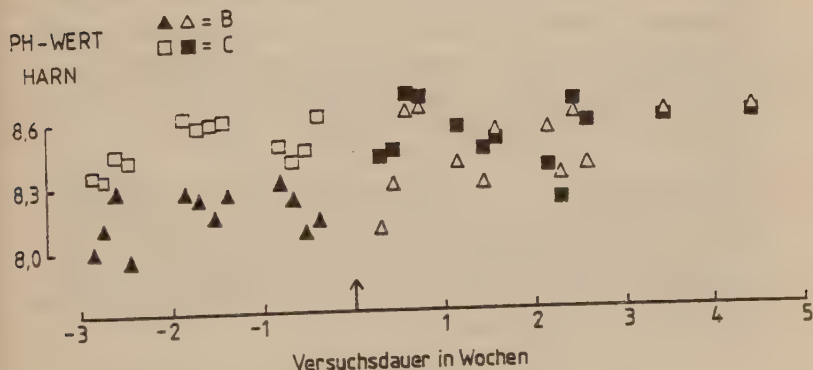
Versuchswoche	Gruppe	Ca-Aufnahme	P-Aufnahme	Ca/P
1	B	33,14	15,24	2,17
	C	36,23	22,02	1,64
2	B	34,36	15,68	2,19
	C	42,95	26,19	1,64
3	B	35,26	16,00	2,20
	C	46,35	28,26	1,64
4	B	36,36	16,40	2,22
	C	46,35	28,26	1,64
5	B	38,05	17,01	2,24
	C	46,35	28,26	1,64

3.5.2.3 pH- Werte im Spontanharn

Zu Versuchsbeginn lag der Harn-pH in Gruppe C um ca. 0,3 höher als in Gruppe B (Gruppe B erhielt im vorangegangenen Versuch I mehr Ca und P als Gruppe C). Bereits nach 3 Versuchstagen war dieser Unterschied jedoch abgeklungen, d.h. der Harn- pH in Gruppe B stieg auf etwa 8,5 an und erreichte somit die pH- Werte der in diesem Versuch mit (Ca und) P höher versorgten Gruppe C.

Der zeitliche Verlauf der pH- Werte im Spontanharn ist zusammen mit den letzten 3 Versuchswochen aus Versuch I in Abbildung 10 graphisch dargestellt (siehe auch Tabelle A. 13).

ABBILDUNG 10



3.5.2.4 Renale Calcium- und Phosphor- Ausscheidung

Die Tiere der Gruppe B erhielten in diesem Versuch nur noch die in der Heu- Kraftfuttermischung enthaltenen Ca- und P- Mengen, so daß die gesamte Ca- und P- Aufnahme wesentlich geringer war als in Versuch I. Im Gegensatz dazu wurde die Ca- P- Versorgung der Gruppe C in Versuch II stark erhöht.

Diese unterschiedliche (Ca- und) P- Versorgung der beiden Gruppen spiegelte sich auch in der renalen Phosphatausscheidung wider.

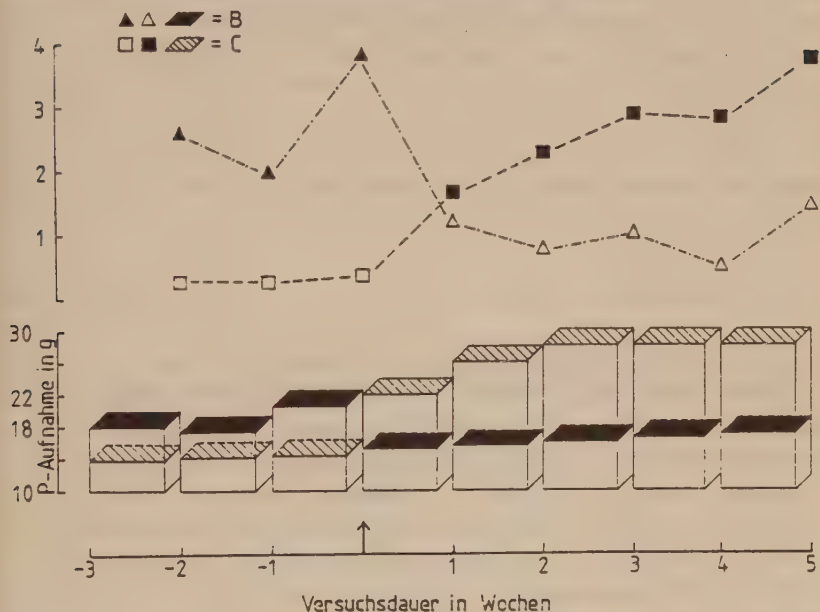
Während Gruppe B bei einer P- Aufnahme von 20,69 g/ Tier und Tag täglich durchschnittlich 3,84 g P ausschied (Versuch I, 8. Versuchswoche), fiel diese Ausscheidungsrate in Versuch II bei einer P- Zufuhr von 15 - 17 g je Tier und Tag auf eine mittlere tägliche Ausscheidung von ca. 1 g P im Harn ab.

Bei der in Versuch II zunehmend mit (Ca und) P versorgten Gruppe C stieg die absolute P- Ausscheidung im Harn stark an. Während in der 8. Versuchswoche von Versuch I bei einer täglichen P- Aufnahme von durchschnittlich 14,49 g nur 0,37 g P je Tier und Tag ausgeschieden wurden, stieg die mittlere renale P- Ausscheidung je Tag bei Gruppe C bis zum Versuchsende kontinuierlich auf 3,77 g/Tier an. Die P- Versorgung betrug dabei 28,26 g/Tier und Tag.

Abbildung 11 gibt einen Überblick über den zeitlichen Verlauf der absoluten P- Ausscheidung im Harn während des Versuchzeitraums und während der letzten 3 Wochen in Versuch I. Die Mittelwerte mit den Standardabweichungen finden sich in Tabelle A. 14.

ABBILDUNG 11

RENALE PHOSPHOR-AUSSCHIEDUNG in g/Tier und Tag



Die P- Ausscheidung im Harn in Prozent der P- Aufnahme sank bei Gruppe B von 18,8 % zu Versuchsbeginn auf 3,2 % in der 4. Versuchswoche; in der 5. Versuchswoche wurde wieder ein Anstieg auf 8,8 % festgestellt. In der Gruppe C dagegen stieg die prozentuale P- Ausscheidung im Sammelharn kontinuierlich von 2,5 % zu Versuchsbeginn auf 13,4 % zum Versuchsende (5. Versuchswoche) an.

Tabelle A. 15 gibt die Mittelwerte der prozentualen P- Ausscheidung im Sammelharn an.

Der P/Kreatininquotient im Harn (Sammel- und Spontanharn) fiel in der Gruppe B von 4,8 zu Versuchsbeginn bis zur 4. Versuchswoche auf Werte unter 1,0 ab, nahm jedoch in der 5. Versuchswoche geringfügig wieder zu (1,9). In der Gruppe C erhöhte sich der Quotient von 0,4 zu Versuchsbeginn auf 4,3 in der 5. Versuchswoche.

Die mittleren P/Kreatininquotienten in den Spontan- und Sammelharnproben gehen aus den Tabellen A. 16 und 17 hervor.

Die Ca- Ausscheidung im Sammelharn stieg bei Gruppe B von täglich 53 mg je Tier zu Versuchsbeginn auf 120 mg/Tier und Tag in der 4. Versuchswoche an, dies entspricht einer Erhöhung der prozentualen Ca- Ausscheidung im Harn von 0,16 % auf 0,33 % der Ca- Aufnahme. In der 5. Versuchswoche stellte sich wieder ein Abfall der Ca- Ausscheidung auf 64 mg/Tier und Tag (0,17 %) ein. (Ca- Aufnahme bei Versuchsbeginn: 34,20 g/Tier und Tag, zu Versuchsende 38,05 g/Tier und Tag).

Dagegen sank die renale Ca- Ausscheidung in Gruppe C von 114 mg/Tier und Tag bereits in der 1. Versuchswoche auf täglich 47 mg je Tier ab und blieb bis zum Versuchsende nahezu unverändert, obwohl die Ca- Aufnahme von 31,08 g/Tier und Tag zu Versuchsbeginn auf 46,35 g zu Versuchsende zunahm. In Prozent der Ca- Aufnahme ausgedrückt bedeutet dies einen Rückgang von 0,36 % auf ca. 0,10 %.

Abbildung 12 stellt die Veränderungen der prozentualen Ca- Ausscheidung im Sammelharn graphisch dar. Die Tabellen A. 18 und 19 informieren über die Gruppenmittelergebnisse der absoluten bzw. prozentualen Ca- Ausscheidung im Harn. Daten über den Ca/Kreatininquotienten gehen aus Tabelle 22 hervor.

ABBILDUNG 12

RENALE CALCIUM-AUSSCHIEDUNG in Prozent der Aufnahme

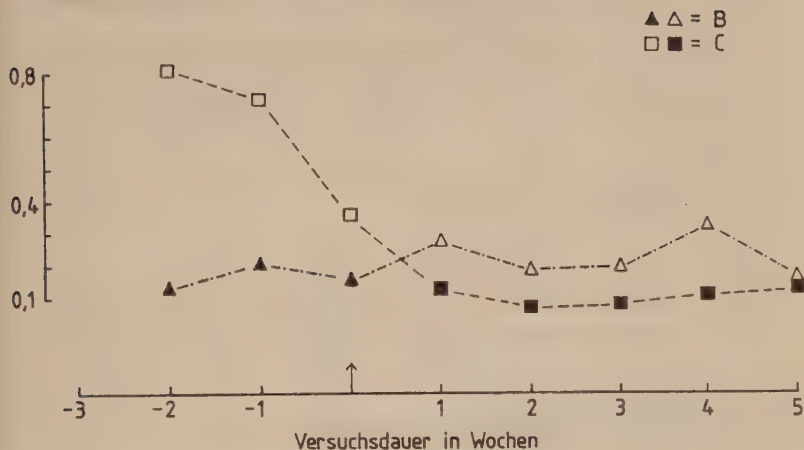


Tabelle 22: Ca/Kreatininquotient im Sammelharn

Gruppe Versuchswoche	B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
Versuchsbeginn	0,06	0,04	0,13	0,03
1	0,09	0,03	0,05	0,01
2	0,07	0,03	0,03	0,01
3	0,07	0,01	0,04	0,01
4	0,13	0,04	0,05	0,02
5	0,06	0,02	0,05	0,01

3.5.2.5 Calcium- und Phosphorgehalt im Speichel

Die mittlere Ca- Konzentration im Speichel lag während der gesamten Versuchsdauer bei $0,21 \pm 0,09$ mmol/l, ohne daß sich zwischen der mit Ca (und P) höher versorgten Gruppe C und der Gruppe B Unterschiede ergeben hätten.

In Tabelle A. 20 sind die Gruppenmittelwerte und Standardabweichungen aufgeführt.

Die Speichel- P- Konzentration nahm bei beiden Versuchsgruppen gleichermaßen von 11 - 12 mmol/l zu Versuchsbeginn rasch auf Werte um 6,5 mmol/l ab. Diesem Abfall folgte bis zum Versuchsende wieder ein Anstieg auf 9 - 10 mmol P/l Speichel.

Die Gruppenmittelwerte der einzelnen Probenstage finden sich in Tabelle A. 21.

3.5.2.6 Calcium- und Phosphorkonzentration im Blutplasma

Die durchschnittlichen Ca- Konzentrationen, die während dieses Versuchs im Blutplasma bestimmt wurden, lagen bei $2,66 \pm 0,19$ mmol/l. Ein Gruppenunterschied konnte nicht erkannt werden.

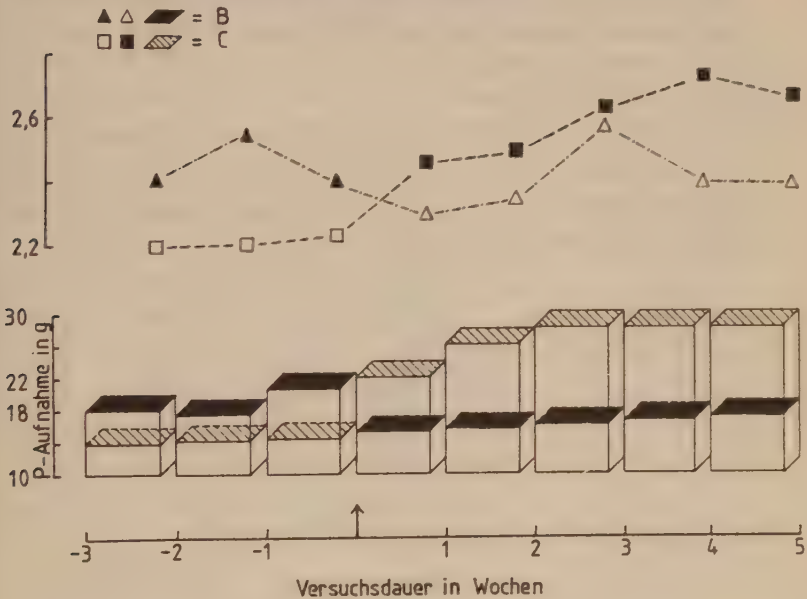
Tabelle A. 22 orientiert über die wöchentlichen Gruppenmittelwerte.

Hinsichtlich der P- Konzentration im Blutplasma läßt sich zwischen den beiden Gruppen ein deutlicher Unterschied erkennen. Während der Plasma- P- Spiegel sich in den 5 Versuchswochen bei Gruppe B nicht wesentlich änderte (ca. 2,4 mmol/l), stieg der P- Gehalt im Plasma bei Gruppe C von 2,2 mmol/l zu Versuchsbeginn auf 2,7 mmol/l in der 5. Versuchswoche an. Die Plasma- P- Konzentration der Gruppe C lag somit immer höher als bei Gruppe B.

Über den Zeitverlauf informiert Abbildung 13 (siehe auch Tabelle A. 23).

ABBILDUNG 13

PHOSPHOR-KONZENTRATION IM PLASMA (mmol/l)



3.5.2.7 Glucosekonzentration im Blut

Die gemessenen Glucosekonzentrationen im Blut lagen im Mittel bei 3,6 mmol/l mit einer Spannweite von 3,0 - 4,1 mmol/l. Wesentliche Veränderungen im Glucosegehalt stellten sich während dieses Versuchs nicht ein, lediglich in der letzten (5.) Versuchswoche zeigte sich bei beiden Gruppen ein leichter Anstieg.

Die Gruppenmittelwerte mit den Standardabweichungen gehen aus Tabelle A. 24 hervor.

3.5.3 Versuch III

3.5.3.1 Lebendmassezunahme

Die während des Versuchs in unterschiedlichen Abständen festgestellte Lebendmasse der Tiere der Gruppe A sowie die daraus berechneten täglichen Zunahmen sind aus Tabelle 23 ersichtlich.

Tabelle 23: Mittlere LM und LM- Zunahmen in Versuch III

Versuchswoche	LM in kg	LM- Zunahme in g/Tag
0	145,6	---
1	-----	} 562
2	154,6	
3	158,8	525
4	-----	} 931
5	173,7	
6	-----	} 945
7	-----	
8	-----	
9	-----	
10	-----	
11	219,1	

3.5.3.2 Futterverzehr und Calcium- Phosphor- Aufnahme

Die Heu- und Kraftfutter- Aufnahme der Versuchstiere erfolgte zu Versuchsbeginn nur zögernd, verbesserte sich aber mit der Reduzierung der angebotenen Milchaustauschtränke zusehends.

Die Kälber gewöhnten sich ziemlich rasch an die Selbsttränkeeinrichtungen; so konnten bereits in der 2. Versuchswoche alle 4 Versuchstiere bei der Wasseraufnahme aus den Tränkebecken beobachtet werden.

Der durchschnittliche Futterverzehr in den einzelnen Versuchswochen sowie die damit aufgenommenen Ca- und P- Mengen und das daraus resultierende Ca/P- Verhältnis gehen aus Tabelle 24 hervor.

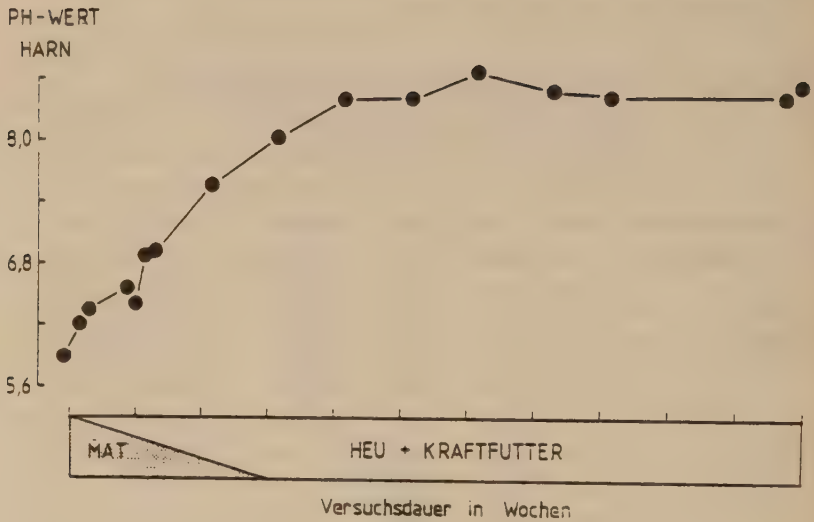
Tabelle 24: Mittlerer Futterverzehr sowie durchschnittliche Ca- und P- Aufnahme in g/Tier und Tag in Versuch III

Versuchswoche	MAT	KF	HEU	Ca-Aufn.	P-Aufn.	Ca/P
1	1198	403	287	22,85	12,74	1,79
2	798	605	485	22,21	11,66	1,90
3	400	1102	703	25,48	12,56	2,03
4	---	1535	1352	31,97	14,50	2,20
5	---	1405	1528	32,00	14,26	2,24
6	---	1672	1640	36,40	16,36	2,22
7	---	1700	1955	39,71	17,61	2,25
8	---	1700	2000	40,14	17,77	2,26
9	---	1700	2100	41,08	18,11	2,27
10	---	2381	2474	53,14	23,77	2,24
11	---	2944	2430	59,79	27,25	2,19

3.5.3.3 pH- Werte im Spontanharn

Der Spontanharn zeigte zu Versuchsbeginn mit pH 5,9 wie erwartet eine saure Reaktion. Mit zunehmender Aufnahme von Heu und Kraftfutter wurde der Harn jedoch alkalischer und wies nach 3 Wochen bereits einen pH- Wert von 8,0 auf. Bis zur 6. Versuchswoche stellte sich eine weitere pH-Wert-Erhöhung auf pH 8,6 ein. Diese Harnreaktion blieb bis zum Versuchsende (11. Versuchswoche) nahezu unverändert. Die Änderung des pH- Wertes im Harn in Abhängigkeit von der Zeit ist in Abbildung 14 graphisch dargestellt (siehe auch Tabelle A. 25).

ABBILDUNG 14



Der Anstieg des Harn- pH erfolgt kurvilinear und lässt sich in folgender Gleichung darstellen:

$$y = 5,52 + 0,721 \cdot \ln x; \quad r = 0,87; \quad n = 64; \quad p < 0,01;$$

3.5.3.4 Renale Calcium- und Phosphor- Ausscheidung

Die im Sammelharn bestimmte absolute P- Ausscheidung fiel von durchschnittlich 6,36 g je Tier und Tag zu Versuchsbeginn auf ca. 1 g/Tier und Tag in der 4. Versuchswoche ab und blieb bis zur 11. Versuchswoche (Versuchsende) nahezu unverändert.

Während somit zu Versuchsbeginn (P- Aufnahme: 22,02 g/Tier und Tag) noch 32,3 % des mit dem Futter aufgenommenen Phosphors renal ausgeschieden wurden, betrug diese Ausscheidungsrate in der 4. Versuchswoche (P- Aufnahme:

14,50 g/Tier und Tag) lediglich noch 7,6 %. Bis zum Versuchsende fiel sie weiter auf ca. 2,8 % der P- Aufnahme (27,25 g/Tier und Tag) ab.

Die Abbildungen 15 und 16 veranschaulichen die zeitliche Änderung der beiden Parameter. Die Mittelwerte mit den Standardabweichungen gehen aus Tabelle A. 26 hervor.

ABBILDUNG 15

RENALE PHOSPHOR-AUSSCHIEDUNG in g/Tier und Tag

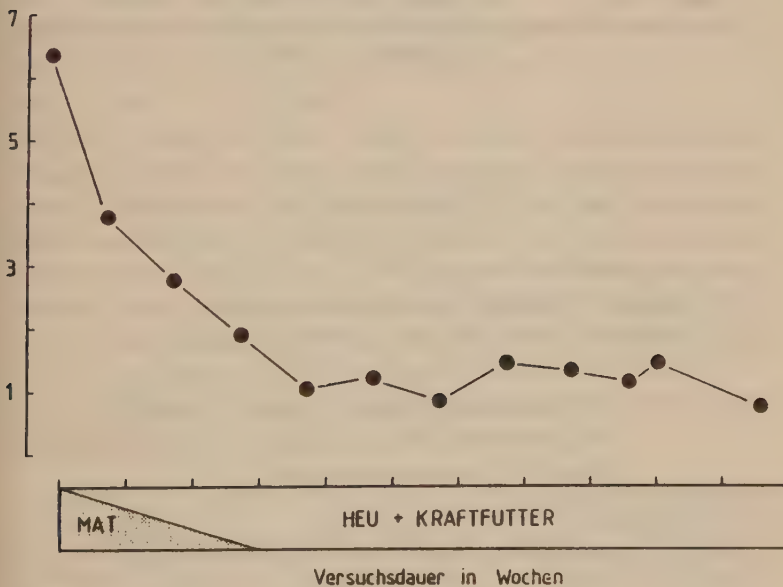
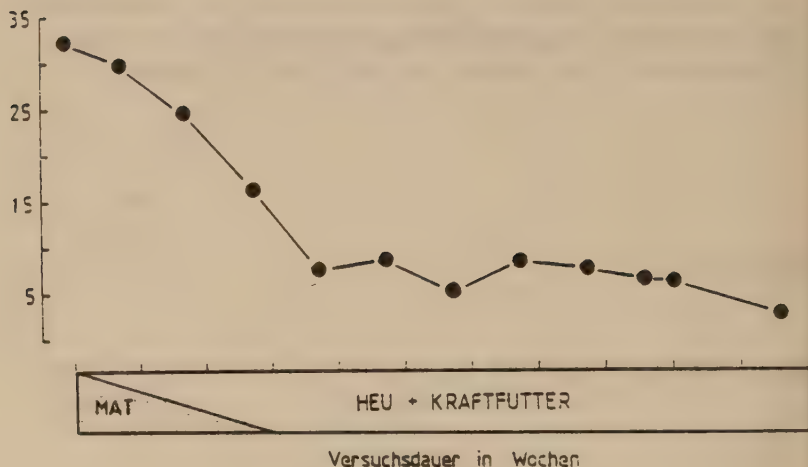


ABBILDUNG 16

RENALE PHOSPHOR-AUSSCH-EIDUNG in Prozent der Aufnahme



Der P/Kreatininquotient im Harn zeigt ebenfalls eine abfallende Tendenz. Während der Quotient zu Versuchsbeginn noch einen Wert von 4,5 aufwies, fiel er bis zur 4. Versuchswoche auf ca. 0,8 ab und blieb bis zum Versuchsende auf etwa demselben Niveau.

Die Gruppenmittelwerte des P/Kreatininquotienten einiger Versuchswochen sind in Tabelle 25 zusammengefaßt.

Tabelle 25: P/Kreatininquotient (mmol/l : mmol/l) (n = 4)
 Wochenmittelwerte aus Spontan- und Sammelharn
 (jeweils eine Probe/Woche)

Versuchswoche	$\bar{x}$	R
Versuchsbeginn	4,49	0,99
3	1,28	1,40
6	0,59	1,14
9	0,78	1,16
11 1)	0,84	3,52

1) zwei Spontan- und zwei Sammelharnproben/Woche

Die Abnahme des P/Kreatininquotienten während des Versuchszeitraumes kann durch folgende Regressionsgleichung wiedergegeben werden:

$$y = 4,12 - 0,866 \cdot \ln x; \quad r = 0,78; \quad n = 88; \quad p < 0,01;$$

Die renale Ca- Ausscheidung betrug über die gesamte Versuchsdauer im Mittel ca. 155 mg/Tier und Tag, ohne irgendwelche Tendenzen erkennen zu lassen.

Die prozentuale Ca- Ausscheidung fiel jedoch von 1,5 % zu Versuchsbeginn (Ca- Aufnahme: 36,23 g/Tier und Tag) bereits in der 2. Versuchswoche auf ca. 0,4 % ab. Dieser Wert wurde bis zum Versuchsende kaum mehr überschritten. Die relative Ca- Ausscheidung, ausgedrückt im Ca/Kreatininquotienten, sank von 0,32 zu Versuchsbeginn während des Versuchs auf Werte unter 0,10 ab.

Daten über die absolute bzw. prozentuale Ca- Ausscheidung sowie über den Ca/Kreatininquotienten im Sammelharn finden sich in Tabelle A. 27.

3.5.3.5 Calcium- und Phosphorgehalt im Speichel

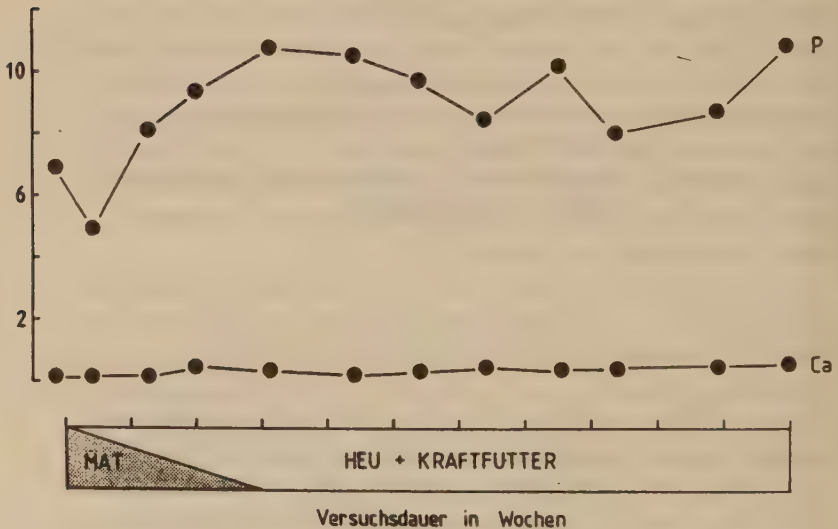
Die Ca- Konzentration im Speichel wies während der gesamten Versuchsdauer Schwankungen der Einzelproben von 0,11 mmol/l bis 0,86 mmol/l auf und lag im Mittel bei $0,34 \pm 0,16$ mmol/l. Die zunehmende Rauhfutteraufnahme hatte keinerlei Einfluß auf die Speichel- Ca- Konzentration.

Der zu Versuchsbeginn bis auf $4,9 \pm 1,3$ mmol/l abgefallene P- Gehalt im Speichel stieg bis zur 4. Versuchswoche wieder auf $10,8 \pm 1,2$ mmol/l an. Bis zum Versuchsende (11. Versuchswoche) verblieb die Speichel- P- Konzentration mit Schwankungen zwischen 7,9 und 10,7 mmol/l etwa in gleicher Höhe.

In Abbildung 17 ist der Verlauf der Ca- und P- Konzentration im Speichel über die gesamte Versuchsdauer dargestellt. Tabelle A. 28 gibt Gruppenmittelwerte der Ca- und P- Konzentration im Speichel an.

ABBILDUNG 17

PHOSPHOR- und CALCIUM-KONZENTRATION IM SPEICHEL (mmol/l)



3.5.3.6 Calcium- und Phosphorkonzentration im Blutplasma

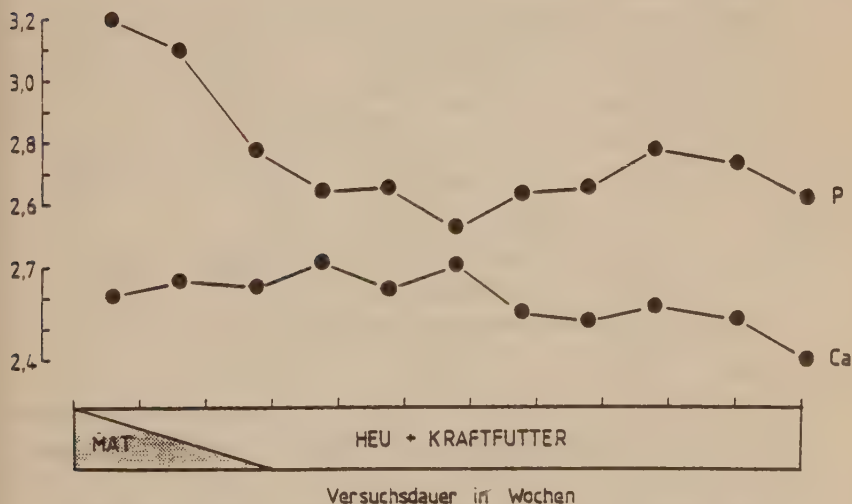
Die während der gesamten Versuchsdauer im Blutplasma gemessenen Ca- Konzentrationen lagen im Mittel bei $2,60 \pm 0,13$ mmol/l, ohne daß irgend ein Einfluß auf diesen Parameter erkennbar geworden wäre.

Dagegen änderte sich die Plasma- P- Konzentration mit zunehmender Versuchsdauer deutlich. Während in der 1. Versuchswoche noch $3,20 \pm 0,07$ mmol P/l Plasma bestimmt werden konnten, war die P- Konzentration bis zur 4. Versuchswoche auf $2,65 \pm 0,17$ mmol/l abgesunken. Dieser Wert änderte sich bis zum Versuchsende nicht mehr wesentlich.

Der Zeitverlauf der Ca- und P- Konzentration im Plasma ergibt sich aus Abbildung 18. Tabelle A. 29 orientiert über mittlere Plasma- Ca- bzw. P- Konzentrationen.

ABBILDUNG 18

PHOSPHOR- und CALCIUM-KONZENTRATION IM PLASMA (mmol/l)



3.5.3.7 Glucosekonzentration im Blut

Die Glucosekonzentration lag zu Versuchsbeginn noch bei $4,3 \pm 0,3$ mmol/l, war jedoch bereits nach 3 Versuchstagen auf $3,4 \pm 0,3$ mmol/l abgefallen. Bis zum Versuchsende wurden Werte zwischen 3,6 und 3,8 mmol/l Blut gemessen.

3.5.4 Versuch IV

3.5.4.1 Lebendmassezunahme

Tabelle 26 orientiert über die während des 7-wöchigen Versuchs festgestellten Lebendmassen der Tiere der beiden Versuchsgruppen D (Langheu) und E (Heumehl) sowie über die daraus berechneten täglichen Zunahmen.

Tabelle 26: Mittlere LM und LM- Zunahmen in Versuch IV

Gruppe	LM in kg		LM- Zunahmen in g/Tag	
	D	E	D	E
Versuchswoche				
0	126,4	130,7	---	---
1	131,5	133,0	728	329
2	-----	-----	} 721	825
3	-----	-----		
4	-----	-----		
5	151,7	156,1	} 1307	1564
6	-----	-----		
7	170,0	178,0		

3.4.5.2 Futterverzehr und Calcium- Phosphor - Aufnahme

Zwischen den beiden Versuchsgruppen D und E, welche unterschiedlich strukturiertes Rauhfutter erhielten (Gruppe D: Langheu; Gruppe E: Heumehl), konnten bezüglich der Futteraufnahme keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden. So dauerte die Futteraufnahme (annähernd gleicher Mengen) bei beiden Gruppen in etwa gleich lang. Die Wiederkauhäufigkeit sowie die Wiederkaufrequenz beider Gruppen unterschieden sich nicht.

Angaben über den Futterverzehr sowie über die Ca- und P-Aufnahme während des Versuchszeitraumes gehen aus den Tabellen 27 und 28 hervor.

Tabelle 27: Mittlerer Futterverzehr in g/Tier und Tag
in Versuch IV

Versuchswoche	Gruppe	KF	HEU
1	D	1700	1783
	E	1700	1795
2	D	1700	1798
	E	1700	1799
3	D	1700	2000
	E	1700	2000
4	D	1700	2000
	E	1700	2000
5	D	1700	2100
	E	1700	2100
6	D	2477	2384
	E	2449	2420
7	D	2833	2380
	E	2832	2472

Tabelle 28: Mittlere Ca- P- Aufnahme in g/Tier und Tag
in Versuch IV

Versuchswoche	Gruppe	Ca-Aufnahme	P-Aufnahme	Ca/P
1	D	38,10	17,03	2,24
	E	38,24	17,08	2,24
2	D	38,24	17,08	2,24
	E	38,25	17,09	2,24
3	D	40,14	17,77	2,26
	E	40,14	17,77	2,26
4	D	40,14	17,77	2,26
	E	40,14	17,77	2,26
5	D	41,08	18,11	2,27
	E	41,08	18,11	2,27
6	D	53,50	24,08	2,22
	E	53,48	24,03	2,23
7	D	57,93	26,36	2,20
	E	58,78	26,67	2,20

3.5.4.3 pH- Werte im Spontanharn

Die Harn- pH- Werte beider Gruppen D und E lagen während der gesamten Versuchsdauer deutlich im alkalischen Bereich (pH 8,4 - 8,5). Gruppenunterschiede konnten nicht festgestellt werden.

Tabelle 29 vermittelt einen Überblick über die im Spontanharn gemessenen pH- Werte.

Tabelle 29: pH- Werte im Spontanharn

(n = 4/Gruppe; eine Messung/Tier und Woche)

Gruppe	D		E	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
Versuchswoche				
1	8,4	0,2	8,5	0,3
4	8,4	0,4	8,4	0,4
7 1)	8,5	0,2	8,4	0,2

1) zwei Messungen/Tier und Woche

3.5.4.4 Renale Calcium- und Phosphor - Ausscheidung

Beide Gruppen schieden während des Versuchs im Mittel 117 ± 78 mg Ca/Tier und Tag über die Nieren aus.

Dies entspricht $0,26 \pm 0,16$ % der mit dem Futter aufgenommenen Ca- Menge. Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen waren nicht zu erkennen.

Auch der Ca/Kreatininquotient lag mit ca. 0,9 bei beiden Gruppen auf etwa demselben Niveau.

Bei der renalen P- Ausscheidung zeigte sich ebenfalls weder ein Gruppenunterschied, noch ergab sich irgendein zeitabhängiger Trend.

Tabelle 30 gibt einen Überblick über die P- Ausscheidung im Sammelharn während dieses Versuchs.

Tabelle 30: Renale P- Ausscheidung

(n = 4/Gruppe; eine Sammelharnprobe/Tier und Woche)

Gruppe	in g/Tier u. Tag				in % der P- Aufnahme			
	D		E		D		E	
Versuchswoche	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	0,82	(0,30) ¹⁾	0,93	0,40	4,8	(1,7) ¹⁾	5,4	2,3
4	2,09	1,20	1,34	(0,75) ¹⁾	11,7	6,8	7,5	(4,2) ¹⁾
7 2)	0,94	0,82	0,68	0,39	3,6	3,2	2,6	1,5

1) n = 3; 2) zwei Sammelharnproben/Tier und Woche;

Der P/Kreatininquotient aus Spontan- und Sammelharnproben einiger Versuchswochen geht aus Tabelle 31 hervor.

Tabelle 31: P/Kreatininquotient aus Spontan- und Sammelharn (mmol/l : mmol/l); (n = 4/Gruppe)

Gruppe Versuchswoche	D		E	
	$\bar{x}$	R	$\bar{x}$	R
1	1,28	3,06	0,90	1,26
4	1,89	3,68	0,99	1,52
7	0,39	5,08	0,40	4,41

3.5.4.5 Calcium- und Phosphorgehalt im Speichel

Die Speichel- Ca- Konzentration lag bei beiden Gruppen während der gesamten Versuchsdauer gleichermaßen bei etwa 0,3 mmol/l.

Auch der P- Gehalt im Speichel beider Gruppen verhielt sich weitgehend gleich und blieb im Versuchszeitraum nahezu unverändert. Die Gruppenmittelwerte weisen Schwankungen zwischen 7,8 und 10,6 mmol P/l Speichel auf (siehe dazu auch Tabelle 32).

Tabelle 32: P- Konzentration im Speichel (mmol/l)
(n = 4/Gruppe)

Gruppe Versuchswoche	D		E	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	8,80	1,88	8,79	1,63
4	9,00	0,75	8,24	1,92
7	10,61	3,73	8,41	0,63

3.5.4.6 Calcium- und Phosphorkonzentration im Blutplasma

Keinen Unterschied zwischen den beiden Versuchsgruppen D und E zeigten auch die im Blutplasma gemessenen Ca- und P- Konzentrationen.

Der Ca- Gehalt lag im Mittel bei $2,63 \pm 0,34$ mmol/l und zeigte nur relativ geringe Schwankungen der Einzelwerte von 2,06 - 3,12 mmol/l.

Die Plasma- P- Konzentration betrug durchschnittlich $2,50 \pm 0,33$ mmol/l, mit einer Spannweite von 2,04 bis 2,91 mmol/l.

Tabelle 33 faßt einige Wochenmittelwerte der Ca- und P- Konzentration im Blutplasma zusammen.

Tabelle 33: Ca- und P- Konzentration im Blutplasma (mmol/l)
(n = 4/Gruppe)

Gruppe	Calcium				Phosphor			
	D		E		D		E	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
Versuchswoche								
1	2,70	0,07	2,68	0,08	2,44	0,16	2,48	0,17
4	2,75	0,26	2,63	0,14	2,58	0,31	2,52	0,21
7	2,64	0,15	2,45	0,08	2,62	0,10	2,62	0,04

3.5.4.7 Glucosekonzentration im Blut

Einen nahezu gleichbleibenden Verlauf ohne Gruppenunterschiede zeigte auch die Glucosekonzentration im Blut. Die Gruppenmittelwerte bewegten sich dabei zwischen 3,6 und 4,0 mmol/l.

4. DISKUSSION

Die relativ schnelle Entwöhnung - Futterumstellung von ausschließlich Milchaustauschfutter auf Heu-Kraftfutter innerhalb von 3 Wochen - entspricht nicht den Bedingungen der Kälberaufzucht in der Praxis. Sie wurde aber gewählt, um die Vergleichbarkeit der vorgelegten Studien mit anderen Untersuchungen, die im Rahmen eines breiter angelegten Projekts zum Elektrolytstoffwechsel während der Umstellung am gleichen Institut durchgeführt werden, zu gewährleisten.

Dennoch dürfte sich die verhältnismäßig kurze Umstellungsperiode auf die Aussagefähigkeit der Versuche (I und III) nicht nachteilig ausgewirkt haben. In diesen beiden Versuchen schloß sich an die direkte Umstellungsphase eine Beobachtungszeit von 5 (Versuch I) bzw. 8 (Versuch III) Wochen an. Die umgestellten Kälber hatten in dieser Zeit ein durchaus wiederkäuertypisches Erscheinungsbild und (Verzehrs-) Verhalten gezeigt. Daneben sprechen die ungestörte Futteraufnahme, wie auch die Gewichtsentwicklung, für den Erfolg der Futterumstellung.

4.1 Phosphor im Speichel

Die P- Konzentration im Speichel bei Beginn von Versuch I, d.h. bei ca. 5 Wochen alten Kälbern, lag im Mittel von 11 Tieren bei $8,1 \pm 2,7$ mmol/l. Dieser Wert liegt erheblich höher, als er von BOEHNCKE (1981) für drei 9 Tage alte Aufzuchtkälber mit 1,6 mmol/l ermittelt wurde. Er unterschreitet andererseits die durchschnittliche P- Konzentration von 9,5 mmol/l ($n = 48$), die von MÜLLER (1982) bei ausschließlich milchaustauschernährten, allerdings ca. 6 Monate alten Jungbullen gemessen wurde.

Für diese Differenz sind nur zu einem geringen Teil methodische Unterschiede bei der P- Bestimmung verantwortlich. Das prinzipielle Analysenverfahren ist in allen verglichenen Untersuchungen gleich (Boehringer Diagnostica, Test- Combination Phosphor und Phosphorlipide). Allein BOEHNCKE verwendet zusätzlich eine "Trübheitskorrektur" des Speichels, welche die direkt gemessenen Werte zwischen 0 und ca. 2 mmol/l erniedrigt. Nach unseren Erfahrungen ist die Differenz zwischen unmittelbar gemessenen und korrigierten P-Konzentrationen im Speichel allerdings umso geringer, je niedriger der P- Gehalt des Speichels liegt. Aber selbst unter Einrechnung maximaler mittlerer Differenzen bleibt der prinzipielle, oben beschriebene Unterschied zwischen Kälbern verschiedenen Alters bestehen.

Die verschiedenen Befunde legen die Vermutung nahe, daß bereits bei milch- bzw. milchaustauschernährten Tieren allein in Abhängigkeit vom Alter eine Zunahme des P- Gehaltes im Speichel auftritt. Diese Hypothese konnte erst kürzlich durch Untersuchungen von KÖNIG und GROPP (1982) bestätigt werden. Die Autoren konnten zeigen, daß die P- Konzentration im Speichel milchaustauschernährter Kälber etwa ab der 7. Lebenswoche von ca. 5 mmol/l auf Werte bis über 9 mmol/l ansteigt. In dieser Untersuchung sind, wie bei BOEHNCKE, deutliche individuelle Unterschiede zwischen den Versuchstieren aufgetreten.

Der P- Gehalt im Speichel der milchaustauschernährten Kontrollgruppe in Versuch I stieg während des Versuchsvorganges von $8,3 \pm 1,1$ mmol/l bis zur 8. Versuchswoche (Ende von Versuch I) geringfügig bis auf $10,4 \pm 0,9$ mmol/l an.

Demgegenüber verzeichnete die P- Konzentration im Speichel beider Umstellungsgruppen einen signifikanten ($p < 0,01$) Anstieg von $8,1 \pm 3,2$ mmol/l auf $12,0 \pm 3,3$ mmol/l innerhalb der ersten 14 Versuchstage. Der höchste P- Gehalt im Speichel wurde mit $13,7 \pm 3,2$ mmol/l in der 4. Versuchswoche erreicht. Bis zum Versuchsende war die Konzentration wieder auf $11,5 \pm 1,9$ mmol P/l Speichel abgefallen.

Die unterschiedliche P- Versorgung beider Versuchsgruppen

hatte auf den P- Gehalt im Speichel keine Auswirkungen (siehe auch Abb. 6).

Das Alter der Tiere, zu dem die Futterumstellung vorgenommen wird, beeinflußt den Anstieg der P- Konzentration im Speichel offensichtlich nicht. In Versuch III wurde eine zu Versuchsbeginn ca. 14 Wochen alte Versuchsgruppe, die bis dahin ausschließlich mit Milchaustauschfutter ernährt worden war, analog den Umstellungsgruppen von Versuch I entwöhnt. Auch hier ist die Erhöhung des Speichel- P- Gehaltes gleichermaßen deutlich. Dieser Befund steht damit in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen von MÜLLER, der bei wesentlich älteren Tieren (ca. 6 Monate) und kürzerer Versuchsdauer (6 Wochen) einen analogen Anstieg der Speichel- P- Konzentration feststellen konnte.

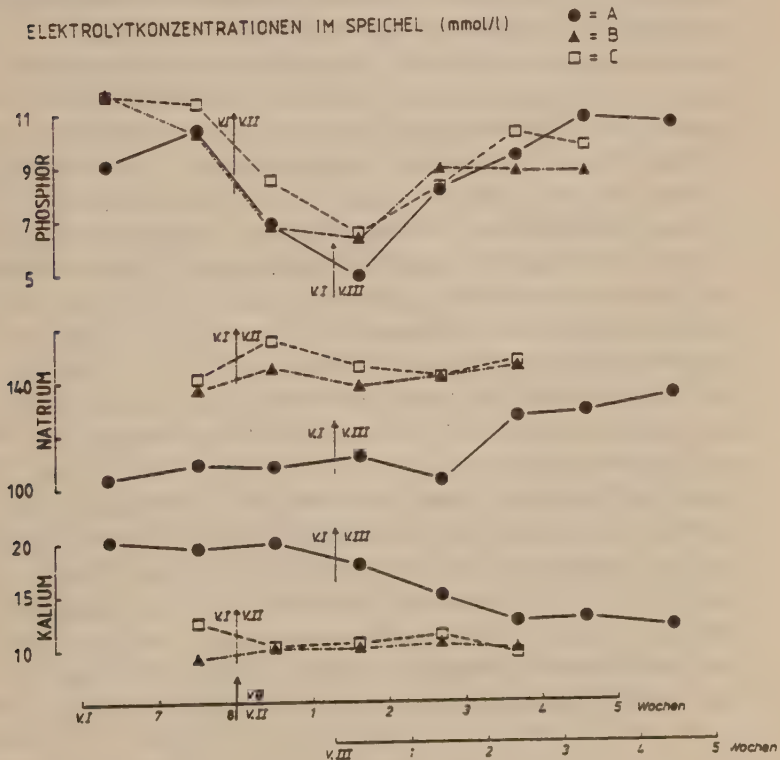
Es fällt allerdings auf, daß in Versuch III die Absolutwerte an Phosphor, die nach der Umstellung in Versuch I aufgetreten waren, nicht mehr ganz erreicht wurden. In der zeitgleichen Beobachtungsperiode lagen jedoch auch die korrespondierenden Werte der Gruppen, die bereits in Versuch I umgestellt worden waren, auf gleichem Niveau (Versuch IV).

Dieser Befund muß im Zusammenhang mit einer anderen, völlig unerwarteten Beobachtung gesehen werden. Bereits gegen Ende von Versuch I hatte sich in den beiden Umstellungsgruppen B und C ein Absinken des Speichel- P- Gehaltes bemerkbar gemacht. Zu Beginn von Versuch II (Umstellungsgruppe B und C) verstärkte sich dieser Abfall und zeigte sich nun auch in der zeitgleichen Vorperiode von Versuch III bei der milchaustauschernährten Gruppe A. In der darauffolgenden Woche kam diese Konzentrationsabnahme zum Stillstand. Der P- Gehalt im Speichel lag jetzt in den bereits vor 7 Wochen umgestellten Gruppen durchschnittlich bei $6,4 \pm 1,6$ mmol/l, in der bis zu dieser Woche ausschließlich mit Milchaustausch-

futter ernährten Gruppe bei $4,9 \pm 1,3$ mmol/l. Anschließend stieg die P- Konzentration im Speichel in allen 3 Gruppen ebenso deutlich an, ein Plateau wurde bei jetzt vergleichbarem Heu-Kraftfutter- Regime aller 3 Gruppen mit etwa 8 - 11 mmol P/l Speichel erreicht. Diese Werte liegen an der unteren Grenze des von BOEHNCKE bei 424 erwachsenen Rindern aus 10 Betrieben ermittelten Normbereichs ($10,6 \pm 2,9$ mmol/l).

Der beschriebene Verlauf des Speichel- P in den 3 Gruppen ist in Abbildung 19 (oberes Drittel) dargestellt.

ABBILDUNG 19



Vor einer Bewertung dieses überraschenden Befundes müssen Fehlerquellen bei der P- Bestimmung und bei der Speichelprobennahme ausgeschlossen werden. Die Speichelproben des kritischen Zeitabschnittes wurden deshalb von verschiedenen Untersuchern insgesamt 3 mal auf ihren P- Gehalt untersucht, ohne daß sich der aufgezeigte Verlauf dadurch änderte. Selbst die Vornahme einer "Trübheitskorrektur" nach BOEHNCKE verringerte nur die Absolutwerte, ohne daß deswegen die Differenz zwischen den einzelnen Beobachtungswochen sich ausgeglichen hätte.

Eine mögliche (aber ungewollte) Verdünnung der Speichelproben, etwa durch Nachlässigkeit bei der Probenentnahme, kann ebenfalls ausgeschlossen werden. Wenn trotz Proben- gewinnung zu den gleichen Tageszeitpunkten im kritischen Beobachtungszeitraum nur verdünnte Speichelproben hätten entnommen werden können, dann müßte sich dies auch in einem entsprechenden Abfall anderer Elektrolytkonzentrationen im Speichel zeigen. Deshalb wurde in denselben Speichelproben der Natrium- und Kalium- Gehalt bestimmt. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen informiert Abbildung 19 (mittleres Drittel: Na, unteres Drittel: K). Die Na- und K- Werte der beiden Umstellungsgruppen B und C (Versuch I bzw. II) weisen eine relative Konstanz über den genannten Beobachtungszeitraum auf, sie spiegeln damit die Änderung der Speichel- P- Konzentration während dieses Zeitabschnittes nicht wider. Der Verlauf der Na- und K- Konzentration im Speichel der Gruppe A kurz nach Beginn von Versuch III ist typisch für die Umstellung auf wiederkäuergerechtes Futter, wie auch aus den Befunden von BOEHNCKE (1981) und MÜLLER (1982) hervorgeht. Damit ergeben sich aus allen zusätzlichen Untersuchungen zur Überprüfung des Analysenverfahrens und der "Speichelprobendichte" keinerlei Anhaltspunkte für technisch bedingte Fehler. Es muß deshalb angenommen werden, daß die Änderung der Speichel- P- Konzentration im fraglichen Beobachtungszeitraum den tatsächlichen Gegebenhei-

ten entspricht und nicht als Artefakt gewertet werden darf.

Es ist bekannt, daß das Kauen von Futterbestandteilen bei der Futteraufnahme und vornehmlich beim Wiederkauakt die Speichelsekretion besonders aus der Parotis erheblich steigert (BAILEY, 1961; BAILEY und BALCH, 1961 a und b). Unmittelbar aufeinanderfolgende Speichelprobenentnahmen haben einen ähnlichen Effekt auf die Speichelsekretionsrate. Bisher vorliegende Untersuchungsergebnisse über den Einfluß der Sekretionsrate (10 Probenahmen im Abstand von jeweils 30 Sekunden) auf die Speichel- P- Konzentration scheinen zu eher widersprüchlichen Ergebnissen zu führen: tendenzielle Zunahmen des P- Gehaltes parallel zur Häufigkeit der Probenahme stehen im Wechsel mit durchaus unkorrelierten Schwankungen (KÖNIG, 1982); BAILEY und BALCH (1961 a) berichteten dagegen über eine Abnahme der P- Konzentration im Speichel bei steigender Sekretionsrate. Soweit diese Befunde eine Aussage zulassen, kann geschlossen werden, daß die Schwankungsbreite des P- Gehaltes im Speichel bei bereits wiederkauenden Tieren innerhalb weniger Minuten bis zu 3 mmol/l ausmachen kann. Man kann weiter in Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen von BAILEY und BALCH schlußfolgern, daß bei wiederkauenden Tieren trotz exakter Einhaltung eines gleichen Tageszeitpunktes und gleichen Abstandes von der Mahlzeitaufnahme, die Schwankungen von Untersuchungstag zu Untersuchungstag durch sich einen Zeitrahmen wenig einordnende Wiederkauakte größer sein werden als dies bei ausschließlich milchaustauschernährten Tieren zu erwarten wäre. Dies wird in etwa auch durch einen Vergleich der Standardabweichungen der Speichel- P- Konzentrationen der milchaustauschernährten Gruppe A mit den beiden Umstellungsgruppen B und C in Versuch I bestätigt (siehe Tab. A. 9).

Die oben angeführten Überlegungen sind allerdings nicht in der Lage, die in allen 3 Gruppen nahezu gleichförmig verlaufende Konzentrationsänderung des Speichel- P zu begründen. Sie vermögen allenfalls gewisse Abweichungen von Normwerten, was insbesondere für die Speichel- P-

Daten in der 2. Hälfte von Versuch III und für Versuch IV zutreffen dürfte, zu erklären.

Bisher sind keine Untersuchungen bekannt, in welchen die Speichel- P- Konzentration bei bzw. nach der Futterumstellung oder an milchaustauschernährten Kälbern über einen vergleichbar langen Zeitraum (20 Wochen) verfolgt wurde. Die bereits zitierten Studien von BOEHNCKE, MÜLLER sowie von KÖNIG und GROPP beziehen sich auf Zeiträume von 6, 10 bzw. 15 Wochen. Die beiden erstgenannten Autoren haben vergleichbare Phänomene nicht beobachtet. In den Untersuchungen von KÖNIG und GROPP trat allerdings nach einem anfänglichen Anstieg des P- Gehaltes im Speichel bei 4 milchaustauschernährten Kälbern ab der 10. Lebenswoche wieder eine Konzentrationsminderung auf. Der Mittelwert der 15. Lebenswoche lag bei $7,1 \pm 0,8$ mmol P/l Speichel im Vergleich zu $9,5 \pm 1,6$ mmol/l in der 10. Woche. In Übereinstimmung mit den eigenen Untersuchungsdaten kann dieser zwischenzeitliche Abfall der Speichel- P- Konzentration als ein möglicher Hinweis auf ein eher "wellenförmiges" Erreichen typischer Werte adulter wiederkäuender Rinder gewertet werden. Sollten sich derartige Schwankungen in weiteren gezielten Experimenten als reproduzierbar (vergleichbar den hier vorgelegten Daten) erweisen, dann ist die wellenförmige Annäherung an einen äquifinalen Wert weitgehend unabhängig vom Fütterungsregime.

Insgesamt gesehen bestätigen die vorgelegten Befunde, daß die Futterumstellung auf eine wiederkäuergerechte Ration unabhängig vom Zeitpunkt der Futterumstellung (bzw. vom Alter der umgestellten Tiere) zu einer Erhöhung des P- Gehaltes im Speichel führt. Diese Konzentrationszunahme fällt offensichtlich umso geringer aus, je höher der altersbedingte P- Gehaltswert im Speichel ist (siehe auch MÜLLER, 1982; KÖNIG und GROPP, 1982).

4.1.1 Phosphorgehalt im Speichel und im Blutplasma

Von mehreren Autoren wurde beschrieben, daß der P- Spiegel im Blutplasma altersabhängig zumindest in den ersten 90 Lebenstagen ansteigt (UNSHELM und FLOCK, 1967; MOOR et al., 1975). Da auch die Speichel- P- Konzentrationen erwachsener Rinder höher als die junger Kälber liegen, könnte die Vermutung daraus abgeleitet werden, daß die P- Konzentration im Blutplasma und im Speichel positiv miteinander korreliert wäre. Diese Annahme könnte durch den Verlauf des P- Gehaltes im Blutplasma und im Speichel der milchaustauschernährten Gruppe A im Versuch I erhärtet werden. Ein geringfügiger Anstieg der P- Konzentration im Speichel von 8,3 auf 10,4 mmol/l ist begleitet von einer Erhöhung des Plasma- P- Gehaltes von 2,4 auf 3,2 mmol/l.

Dem viel ausgeprägteren Anstieg der Speichel- P- Konzentration der Umstellungsgruppe C aber muß ein Abfall korrespondierender Plasmawerte zur Seite gestellt werden (siehe auch Abb. 20).

In der höher mit P versorgten Umstellungsgruppe B hat sich dagegen der Plasma- P- Wert im Versuchszeitraum kaum verändert, der Speichel- P verlief aber analog zu den Verhältnissen der Umstellungsgruppe C.

Damit dürfte gezeigt sein, daß die P- Konzentration im Speichel und im Blutplasma nicht miteinander korreliert sind. Die Plasma- P- Konzentration ist in erster Linie eine Funktion der P- Versorgung (positive Korrelation, GROPP et al., 1981). Der Abfall des anorganischen Phosphats im Plasma bei Gruppe C dürfte zusätzlich auf die geringere Verfügbarkeit des Futterphosphats in wiederkäuergerechten Rationen zurückzuführen sein (Abfall der scheinbaren Verdaulichkeit, MÜLLER, 1982). Im Vergleich dazu bedingt eine höhere P- Versorgung in der Umstellungs-

gruppe B bei geminderter Verfügbarkeit des Nahrungsphosphats einen nahezu gleichbleibenden Verlauf des Plasma-P- Spiegels.

Die gegenläufige Entwicklung von Speichel- und Plasma- P, die bei rationstypischer P- Versorgung im Zuge der Umstellung auftrat (Gruppe C, Versuch I) ließ sich auch bei 9 Wochen älteren Tieren (Gruppe A, Versuch III) vergleichbar reproduzieren.

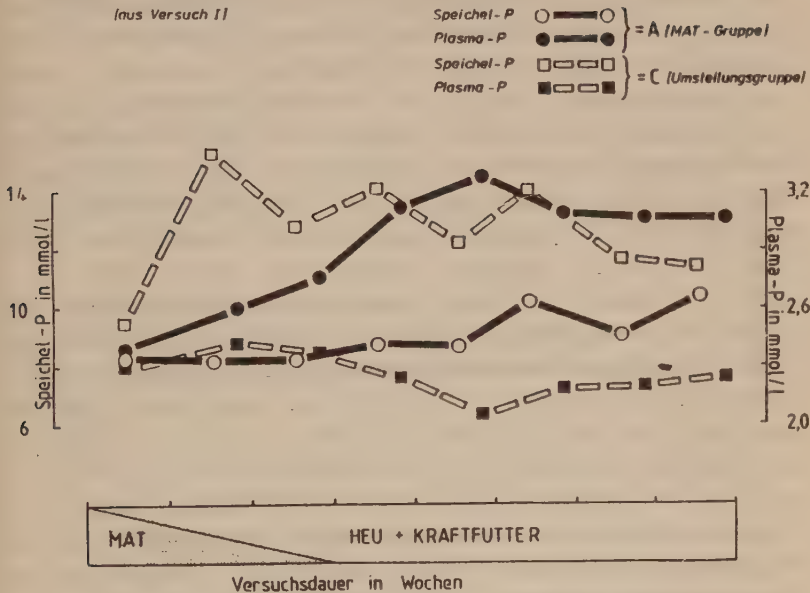
Untersuchungen über altersabhängige Veränderungen des Plasma- P- Spiegels in den ersten 3 - 5 Lebensmonaten sollten nur bei strenger Trennung des Ernährungsregimes (Milchaustauschfutter, Heu- Kraftfutter) und unter Berücksichtigung der absoluten P- Versorgung vorgenommen werden, damit unverfälschte Aussagen über bestehende Korrelationen zwischen Alter und Plasma- P- Konzentration dargelegt werden können.

Der im Vergleich zu milchaustauschernährten Tieren selbst bei gleicher P- Versorgung geringere Plasma- P- Spiegel umgestellter Tiere ist wahrscheinlich nur zum Teil unmittelbar auf die schlechtere Verfügbarkeit des Nahrungsphosphats zurückzuführen, wie aus den Untersuchungen der P- Verdaulichkeit (MÜLLER, 1982) hervorgeht. Erhöhte Konzentrationen an Phosphor im Speichel sowie eine gleichfalls angestiegene Speichelsekretionsrate sorgen für eine hohe Entnahme an Phosphor aus dem Plasma durch die Speicheldrüsen. Der dadurch bedingte hohe endogene Phosphoreinstrom in das Gastrointestinalum wird nicht vollständig rückresorbiert, der P- Verlust des Gesamtorganismus steigt. Niedrige Verdaulichkeitswerte für Phosphor und geringe P- Konzentrationen im Blutplasma funktioneller Wiederkäuer sind daher voraussichtlich als Folge verminderter Verfügbarkeit und erhöhter endogener Verluste anzusehen.

ABBILDUNG 20

PHOSPHOR-KONZENTRATION IM SPEICHEL UND PLASMA

(aus Versuch I)



4.2 Renale Phosphor- Ausscheidung

Die Futterumstellung bewirkt eine relative (bezogen auf die P- Aufnahme) und absolute Verminderung der renalen P- Ausscheidung. Dies zeigte sich sowohl bei der Umstellung von ca. 5 Wochen alten Tieren der Gruppe C (Versuch I) als auch bei den zu Umstellungsbeginn etwa 14 Wochen alten Kälbern der Gruppe A in Versuch III. In beiden Versuchsgruppen nahm trotz steigender P- Zufuhr mit dem Futter die P- Ausscheidung über die Nieren von 1,27 g auf 0,37 g bzw. von 6,36 g auf 0,78 g/Tier und Tag ab. Dies entspricht einem Abfall der prozentualen Ausscheidungsrate von 15,4 % auf 2,5 % bzw. 32,3 % auf 2,8 % der P- Aufnahme. Aus diesen Ergebnissen lassen sich für die Umstellungsgruppen C (Versuch I) und A (Versuch III) signifikant ($p < 0,01$) negative Korrelationen zwischen der P- Aufnahme

(g/Tier und Tag) und der renalen P- Ausscheidung (g/Tier und Tag) berechnen. Die P- Ausscheidung im Harn kann jedoch durch eine erhöhte P- Zufuhr über das Futter gesteigert werden, wie dies bei Gruppe B in Versuch I und besonders deutlich bei Gruppe C in Versuch II gezeigt werden konnte. Dabei stieg die renale P- Ausscheidung bereits bei geringen P- Zulagen deutlich an. BOEHNCKE und TIEWS (1971) konnten an ruminierenden Jungbulln (200 - 250 kg LM) ebenfalls feststellen, daß bei erhöhter P- Zufuhr (bis zum 4- fachen des Bedarfs) eine erhebliche Steigerung der renalen P- Ausscheidung eintritt. Über entsprechende Ergebnisse berichten auch LIBISELLER und KÖHLER (1973), die ihre Experimente jedoch auch mit viel größeren Differenzen in der P- Zufuhr durchführten, als dies in den vorgelegten Studien der Fall war. Berechnet man nun für die mit Phosphor höher versorgten Gruppen B (Versuch I) und C (Versuch II) die Beziehung zwischen der P- Aufnahme und der P- Ausscheidung im Harn, so ergeben sich signifikant ($p < 0,01$) positive Korrelationen. Diese gegensätzlichen Beziehungen zwischen renaler P- Ausscheidung und oraler P- Aufnahme sind durch die Versorgungsabhängigkeit des Harn- P bedingt.

Aus diesen Ergebnissen kann somit geschlossen werden, daß während der Futterumstellung keine Beziehung zwischen renal ausgeschiedenem und mit dem Futter aufgenommenem Phosphor besteht, auch wenn fallweise rechnerische Korrelationen sich ergeben.

Anders liegen die Verhältnisse jedoch bei milchaustausch- ernährten Tieren, bei welchen die Niere das Hauptausscheidungsorgan für Phosphor darstellt. Für die milchaustausch- ernährten Tiere der Gruppe A (Versuch I) läßt sich eine signifikant positive Korrelation ($r = 0,82$; $p < 0,001$) zwischen der renalen P- Ausscheidung und der P- Aufnahme angeben. Auch BOEHNCKE et al. (1976) fanden bei milchaustausch- ernährten Mastkälbern (72 - 160 kg LM) eine annähernd gleiche Abhängigkeit der P- Ausscheidung im Harn von der absolut aufgenommenen P- Menge ($r = 0,87$; $p < 0,001$).

Der P/Kreatininquotient im Harn zeigt ebenfalls den bereits absolut gemessenen, durch die Futterumstellung bedingten Abfall der renalen P- Ausscheidung an. Dabei sank dieser Quotient in Gruppe C (Versuch I) von 3,5 zu Versuchsbeginn auf 0,3 in der 8. Versuchswoche (Versuchsende) ab. Ein analoger Abfall von 4,5 auf 0,8 zeigte sich in der ebenfalls bei rationstypischer P-Versorgung umgestellten Gruppe A (Versuch III) während eines Versuchszeitraums von 11 Wochen.

Für die zeitliche Änderung des P/Kreatininquotienten können für diese beiden Umstellungsgruppen A und C annähernd gleiche Regressionsgleichungen angegeben werden:

$$A: y = 4,12 - 0,866 \cdot \ln x; \quad r = 0,78; \quad n = 88; \quad p < 0,01;$$

$$C: y = 4,66 - 1,061 \cdot \ln x; \quad r = 0,69; \quad n = 64; \quad p < 0,01;$$

Der bei der Betrachtung der absoluten bzw. prozentualen P- Ausscheidung im Harn erkennbare Unterschied zwischen der milchaustauschernährten Gruppe A und der gleich hoch mit Phosphor versorgten Gruppe B (Versuch I), zeigt sich allerdings am P/Kreatininquotienten nicht. Dies mag damit im Zusammenhang stehen, daß die Kreatininausscheidung von der jeweiligen Muskelmasse der Tiere abhängt. Da bei ruminierenden Wiederkäuern der Gastrointestinaltrakt durch die im Gegensatz zu den pseudomonogastrischen, milchaustauschernährten Rindern voll entwickelten Vormägen einen wesentlich größeren Anteil an der Lebendmasse der Tiere darstellt, dürfte bei funktionellen Wiederkäuern der Anteil der Muskelmasse an der Gesamtlebendmasse geringer sein als bei milchaustauschernährten Rindern.

Diese differierenden Muskelanteile werden auch am Kreatininkoeffizienten (mg Kreatinin/kg LM $\cdot$ 24 h) deutlich, der bei ruminierenden Wiederkäuern wesentlich niedriger liegt als bei pseudomonogastrischen Mastkälbern. So bestimmten DE GROOT und AAFJES (1960) bei 7 Kühen einen durchschnittlichen Kreatininkoeffizienten von 24,0

$\pm 2,4$, während BOEHNCKE und RIEDER (1974) bei 5 Mastkälbern einen mittleren Koeffizienten von $37,4 \pm 2,2$ mg Kreatinin/kg LM und 24 h ermitteln konnten.

Aus den dargelegten Gründen ist der P/Kreatininquotient im Harn zum Vergleich der renalen P- Ausscheidung von Versuchsgruppen mit unterschiedlichem Ernährungsregime, das zu differierenden Muskelmasseanteilen führt, nicht geeignet.

Offensichtlich erfolgt bei Kälbern während der Futterumstellung eine Verlagerung der P- Ausscheidungswege von der Niere auf den Darm. MÜLLER (1982) bestimmte die scheinbare P- Verdaulichkeit bei milchaustauschernährten Jungbullen (240 kg LM) mit 87 - 90 %, während er bei raufutterernährten Tieren nur noch eine scheinbare P- Verdaulichkeit von 50 - 60 % messen konnte.

4.2.1 Speichelphosphor und Phosphor im Harn

Es wird angenommen, daß die Speichelsekretion einen Einfluß auf die P- Ausscheidungswege ausübt (BOEHNCKE et al., 1981). Die während der Futterumstellung verstärkt einsetzende Speichelsekretion und steigende P- Konzentrationen im Speichel führen zu einem erhöhten endogenen P- Influx in das Gastrointestinalum.

Wenn einerseits mit zunehmendem P- Einstrom aus dem Speichel in den Magen- Darm- Trakt die renale P- Ausscheidung abnimmt, sollte andererseits ein geringerer Speichelfluß zu einer erhöhten P- Ausscheidung im Harn führen. Eine verminderte Flußrate ist sicherlich durch ungenügend strukturiertes Futter (z.B. Heumehl), welches weniger häufiges Kauen und Wiederkauen erfordert, zu

erwarten, da die Speichelsekretion durch das Kauen bei der Futteraufnahme und insbesondere beim Wiederkauakt erheblich gesteigert wird (BAILEY, 1961; BAILEY und BALCH, 1961 a und b). Beim Vergleich unterschiedlich strukturierter Rationen (Langheu gegen Heumehl) in Versuch IV konnte eine so erwartete unterschiedlich hohe P- Ausscheidungsrate im Harn jedoch nicht beobachtet werden. Die beiden Gruppen D (Langheu) und E (Heumehl) schieden im Versuchszeitraum (7 Wochen) mit etwa 1 g annähernd gleiche Mengen Phosphor im Harn aus.

Es wird angenommen, daß die Strukturunterschiede der Rationen nicht ausreichend waren. Diese Annahme wird auch durch die Beobachtung unterstützt, daß zwischen beiden Gruppen in der Wiederkauhäufigkeit und Wiederkaufrequenz keine Unterschiede festgestellt werden konnten.

Vergleichende Berechnungen der Parotis- Flußraten bei milchaustauschernährten Tieren (KÖNIG, 1982) und ruminierenden Wiederkäuern (BAILEY und BALCH, 1961 a) ergeben eine Zunahme der Speichelsekretionsrate im Zuge der Futterumstellung um den Faktor 5 - 10. Daraus läßt sich ableiten, daß während der Umstellungsphase eine negative Korrelation zwischen der P- Konzentration im Speichel und der renalen P- Ausscheidung nicht unbedingt vorliegen muß, da die Speichelflußrate den endogenen P- Einstrom in viel stärkerem Maße beeinflußt als die Speichel- P- Konzentration.

Dem in der vorliegenden Untersuchung bereits unter 4.1 beschriebenen Konzentrationsanstieg des Speichel- P bei der Futterumstellung kann in den Umstellungsgruppen mit rationstypischer P- Versorgung (Gruppe C in Versuch I und Gruppe A in Versuch III) ein deutlicher Abfall der renalen P- Ausscheidung zur Seite gestellt werden (4.2). Prüft man die Beziehung zwischen der Speichel- P- Konzentration und der im Harn ausgeschiedenen P- Menge, so ergibt sich für die beiden Umstellungsgruppen A und C

eine signifikant negative Korrelation ($r = -0,79$; $n = 16$; $p < 0,001$), wie sie auch BOEHNCKE et al. (1981) für 3 Aufzuchtkälber im Abschnitt 9. - 76. Lebenstag angeben. Im Gegensatz dazu läßt sich jedoch für die hoch mit Phosphor versorgte Umstellungsgruppe B (Versuch I) zwischen diesen Parametern eine signifikant positive Korrelation ($r = 0,35$; $n = 64$; $p < 0,01$) errechnen.

Diese gegensätzlichen Beziehungen zwischen dem P- Gehalt im Speichel und der P- Ausscheidung im Harn während der Umstellung werden unter Berücksichtigung der Versorgungsabhängigkeit der renalen P- Ausscheidung verständlich und lassen den Schluß zu, daß es sich hierbei lediglich um Scheinkorrelationen handelt.

Auch bei den Tieren der milchaustauschernährten Gruppe A (Versuch I) sind Speichel- P und Harn- P nur scheinbar positiv miteinander korreliert, da die Speichel- P- Konzentration, wie KÖNIG und GROPP (1982) zeigen konnten, bereits mit zunehmendem Lebensalter ansteigt und die renale P- Ausscheidung versorgungsabhängig ist.

4.2.2 Plasmaphosphor und Phosphor im Harn

SCOTT und MC LEAN (1981) bestimmten bei Schafen eine Nierenschwelle für die P- Ausscheidung, die bei einer Plasmakonzentration von ca. 2 mmol P/l liegt. Nach Meinung der Autoren sind Plasma- P- Spiegel, die über der P- Nierenschwelle liegen, für eine höhere P- Ausscheidung im Harn verantwortlich. Diesen Zusammenhang konnten MANSTON und VAGG (1970) bei Kühen jedoch nicht auffinden.

Die Ergebnisse in den vorliegenden Studien aus Versuch I und II deuten darauf hin, daß die Plasma- P- Konzentration bei Kälbern unter Umständen doch - zumindest während und kurz nach der Futterumstellung - einen Einfluß auf die renale P- Ausscheidung ausüben könnte.

Diese Annahme scheint verständlich zu sein, da in Beobachtungszeiten erhöhter P- Zufuhr höhere Plasma- P- Spiegel und eine gesteigerte P- Ausscheidung im Harn festgestellt werden konnten. So lagen bei der mit Phosphor hoch versorgten Umstellungsgruppe B (Versuch I) der Plasma- P- Spiegel und die renale P- Ausscheidung deutlich über korrespondierenden Werten der niedriger versorgten Gruppe C (vgl. Abb. 2 und 8).

Auch die entsprechenden Daten der in Versuch II höher mit Phosphor versorgten Gruppe C lassen sich in dieser Richtung interpretieren. Dabei erhöhte sich mit steigender P- Zufuhr die Plasma- P- Konzentration von 2,3 auf 2,8 mmol/l bei gleichzeitiger Zunahme der renalen P- Ausscheidung von 0,37 auf 3,77 g/Tier und Tag (siehe dazu Abb. 11 und 13).

Die in Versuch IV den Gruppen D (Langheu) und E (Heumehl)vorgelegten Rationen unterschiedlicher Struktur führten zu keinerlei Unterschieden in der Plasma- P- Konzentration beider Gruppen. Wie bereits unter 4.2.1 dargelegt, sollte gering strukturiertes Futter eine herabgesetzte Kautätigkeit und damit einen geringeren Speichelfluß hervorrufen. Unter dieser Voraussetzung dürfte dann durch die verminderte P- Entnahme der Speicheldrüsen aus dem Plasma ein höherer P- Gehalt im Blutplasma und damit (bei Überschreiten der Nierenschwelle) eine gesteigerte renale P- Ausscheidung zu erwarten sein. Da jedoch, wie schon unter 4.2.1 genannt, der Strukturunterschied zwischen den Rationen offensichtlich zu gering war, konnten diese Erscheinungen nicht beobachtet werden.

4.3 pH- Werte im Harn

Im Zuge der Futterumstellung steigt der pH- Wert im Harn deutlich an. Prinzipiell hat diese Veränderung in der renalen Säureausscheidung nichts mit der P- Aus-

scheidung im Harn zu tun. So konnten weder SCOTT (1972) durch intraruminale, bzw. BOEHNCKE (1975) durch orale Verabreichung von NaHCO_3 , noch MANSTON und VAGG (1970) durch orale Gabe von NH_4Cl die renale P- Ausscheidung beeinflussen, obwohl sich der Harn- pH dabei jeweils typisch änderte.

Der pH- Wert- Anstieg erfolgt in den Umstellungsgruppen C (Versuch I) und A (Versuch III) von Werten um 6,0 auf 8,6, während er bei Gruppe B (Versuch I) lediglich Werte um 8,3 erreicht. Regressionsanalytische Berechnungen ergeben für alle 3 Umstellungsgruppen einen kurvilinearen Anstieg der Harn- pH- Werte. Dabei lassen sich sowohl für die im Alter von ca. 5 Wochen umgestellten Tiere der Gruppe B und C als auch für die etwa 14 Wochen alten Umstellungstiere der Gruppe A annähernd gleiche Formeln angeben:

$$\text{B: } y = 5,61 + 0,694 \cdot \ln x; \quad r = 0,85; \quad n = 112; \quad p < 0,01;$$

$$\text{C: } y = 5,48 + 0,774 \cdot \ln x; \quad r = 0,77; \quad n = 112; \quad p < 0,01;$$

$$\text{A: } y = 5,52 + 0,721 \cdot \ln x; \quad r = 0,87; \quad n = 64; \quad p < 0,01;$$

Von BOEHNCKE et al. (1979) liegt eine Studie über die Futterumstellung von Kälbern vor. Die Autoren konnten dabei innerhalb von 9 - 18 Tagen einen pH- Anstieg im Harn von $6,4 \pm 0,4$ (Saugphase) auf $8,4 \pm 0,4$ (Wiederkäuerphase) feststellen.

In den eigenen Untersuchungen nimmt der Harn- pH zwar auch innerhalb von ca. 3 Wochen nach Beginn der Futterumstellung von etwa 6,0 auf 7,9 zu, steigt aber in den folgenden 3 - 4 Wochen weiter auf ca. 8,6.

Auffallend ist allerdings, daß der Harn- pH in Gruppe B (Versuch I) lediglich bis auf 8,3 anstieg. Dies ist möglicherweise mit der höheren Phosphatzufuhr über das Futter in Verbindung zu bringen. Untersuchungsergebnisse von MÜLLER (1982) sowie BOEHNCKE und TIEWS (1972) deuten in die gleiche Richtung. Die genannten Autoren konnten

bei erhöhter Phosphatzufuhr einen vergleichbaren Abfall des Harn- pH bei gleichzeitig steigender renaler P- Ausscheidung feststellen. In der Tendenz kann dieses Phänomen auch in Versuch II beobachtet werden. Die Reduzierung der P- Zufuhr in der Gruppe B führte dabei innerhalb von 5 Wochen zu einem signifikanten ($p < 0,05$) Anstieg des pH- Wertes im Harn von 8,3 auf 8,6 (Vergleich von 2- Wochendurchschnittswerten: 7./8. Woche aus Versuch I mit 4./5. Woche aus Versuch II). Eine pH- Erniedrigung bei der in Versuch II höher mit Phosphor versorgten Gruppe C konnte jedoch nicht festgestellt werden. Dies mag mit der kurzen Beobachtungszeit von nur 5 Wochen in Zusammenhang stehen.

Der Vergleich zwischen Langheu und Heumehl in Versuch IV ergab im Harn- pH beider Gruppen keinerlei Unterschiede. Wenn die Heumehlration zu einem herabgesetzten Speichelfluß geführt hätte, wäre aufgrund der geringeren Pufferwirkung des Speichels ein pH- Wert- Abfall im Harn zu erwarten gewesen.

4.4 Calcium

Die besprochenen, im Zuge der Futterumstellung erfolgten Veränderungen der Parameter des P- Stoffwechsels (Speichel- P, Harn- P, Plasma- P), berühren wichtige Kriterien des Ca- Stoffwechsels kaum.

Die Ca- Konzentration im Speichel lag bei allen Gruppen mit ca. 0,3 mmol/l auf etwa demselben Niveau, ohne dabei irgendwelche Einflüsse erkennen zu lassen. Auch der Ca- Gehalt im Blutplasma zeigte in allen 4 Versuchen außer kleineren Schwankungen keinerlei gerichtete Trends. Die mit durchschnittlich 2,5 mmol/l gemessene Ca- Konzentration in der milchaustauschernährten Kontrollgruppe A (Versuch I) stimmt recht gut mit den Ergebnissen

anderer Untersucher überein. So fanden MOOR et al. (1975) bei 17 männlichen Mastkälbern im Alter von 4 - 12 Wochen mittlere Ca- Gehalte im Serum von 2,53 mmol/l. Auch MÜLLER (1982) konnte bei ca. 6 Monate alten milchaustauschernährten Jungbullen vergleichbare Werte messen (2,58 mmol/l). GROPP et al. (1975) ermittelten an weiblichen Mastkälbern mit 2,65 mmol Ca/l Serum geringfügig höhere Konzentrationen. Die an den Tieren mit Rauhfutterrationen bestimmten Daten lagen im Mittel aller 4 Versuche bei etwa 2,6 mmol/l; dabei zeigten sich jedoch keinerlei fütterungs- bzw. zeitabhängige Tendenzen. Auch die von MÜLLER beschriebenen Werte bei der Umstellung von ca. 6 Monate alten Jungbullen liegen in etwa gleicher Höhe (2,54 mmol/l).

Es ist allgemein bekannt, daß die Ca- Ausscheidung im Harn sowohl bei Kälbern als auch bei funktionellen Wiederkäuern relativ gering ist (BOEHNCKE et al., 1976; VOGEL, 1962). Trotzdem fällt die renale Ca- Ausscheidung während der Umstellung noch weiter ab (MÜLLER, 1982). In den vorgelegten Studien konnte diese Abnahme aber nur in der Umstellungsgruppe A (Versuch III) beobachtet werden. In dieser Gruppe sank die Ca- Ausscheidung im Harn innerhalb von 14 Tagen nach der Futterumstellung von etwa 1,5 % auf ca. 0,4 % der mit dem Futter aufgenommenen Ca- Menge. In den beiden anderen Umstellungsgruppen B und C (Versuch I) konnte dieser Abfall nicht beobachtet werden. Dies dürfte jedoch auf die bereits zu Versuchsbeginn mit etwa 0,2 bzw. 0,3 % äußerst geringe Ausscheidungsquote zurückzuführen sein.

Auffällig war, daß in der milchaustauschernährten Gruppe A (Versuch I) mit durchschnittlich bis zu 234 mg/Tier und Tag deutlich mehr Calcium im Harn ausgeschieden wurde, als nach BOEHNCKE et al. (1976) mit im Mittel 100 mg/Tier und Tag zu erwarten gewesen wäre.

5. Z U S A M M E N F A S S U N G

An insgesamt 12 DFV- Bullkälbern wurden während der Futterumstellung (von Milchaustauschfutter auf Heu-Kraftfutter) einige Parameter des P- (und Ca-) Stoffwechsels untersucht.

Der Gesamtversuch (Dauer: 20 Wochen) war in 4 Abschnitte unterteilt.

Die Versuchstiere (Alter bei Versuchsbeginn: ca. 5 Wochen; LM: 63 kg) wurden einzeln gehalten und gefüttert; die tägliche P- und Ca- Aufnahme gemessen. Die Futterumstellung erfolgte jeweils innerhalb von 3 Wochen.

In Versuch I (Dauer: 8 Wochen) wurde eine milchaustauschernährte Kontrollgruppe mit 2 Umstellungsgruppen verglichen, deren Futter sich im P- Gehalt unterschied.

In Versuch II (nur umgestellte Tiere; Dauer: 5 Wochen) wurde die Gruppenzugehörigkeit der Versuchstiere so geändert, daß die vorher hoch mit Phosphor versorgten Tiere jetzt weniger Phosphor erhielten.

In Versuch III (Dauer: 11 Wochen; Alter bei Versuchsbeginn: ca. 14 Wochen; LM: 145 kg) wurden die in Versuch I milchaustauschernährten Tiere auf eine Heu- Kraftfütteration umgestellt.

Die Versuchsvariable in Versuch IV (Dauer: 7 Wochen) bei bereits umgestellten Tieren war allein die Struktur des Rauhfutters (Langheu bzw. Heumehl).

Als Versuchskriterien dienten die Ca- und P- Konzentration im Blutplasma und Speichel, die renale Ca-, P- und Kreatinin- Ausscheidung sowie der Harn- pH- Wert und der Blutglucosespiegel. Fallweise wurde in einzelnen Speichelproben der Na- und K- Gehalt analysiert.

In Versuch I stieg die Speichel- P- Konzentration der Kontrolltiere geringfügig von $8,3 \pm 1,1$ auf $10,4 \pm 0,9$ mmol/l an. Die renale P- Ausscheidung dieser Tiere lag zwischen 15,9 und 33,6 % der P- Aufnahme, der Harn- pH- Wert bei $6,4 \pm 0,4$.

Die Futterumstellung führte zu einem deutlichen Anstieg der P- Konzentration im Speichel von $8,1 \pm 3,2$ auf $13,7 \pm 3,2$ mmol/l. Die renale P- Ausscheidung verringerte sich bei rationstypischer P- Versorgung von 15,4 auf 1,9 %; bei hoher P- Versorgung von 18,8 auf 11,7 % der aufgenommenen P- Menge. Parallel dazu stieg der Harn- pH- Wert kurvilinear ($p < 0,01$) von 6,0 auf 8,6 an.

Die Futterumstellung in Versuch III führte zu gleichartigen Veränderungen der Versuchsparameter wie in Versuch I (der P- Gehalt im Speichel erhöhte sich von $4,9 \pm 1,3$ auf $10,8 \pm 1,2$ mmol/l; die renale P- Ausscheidung sank von 32,3 auf 2,8 % der P- Aufnahme; der Harn- pH- Wert zeigte einen kurvilinearen ($p < 0,01$) Anstieg von 5,9 auf 8,6).

In allen Umstellungsgruppen zeigte sich eine gegenläufige Entwicklung von Speichel- und Plasma- P. Die Abnahme des Plasma- P im Zuge der Futterumstellung dürfte aus einer verminderten Verfügbarkeit des Nahrungs- P in Raufuttermitteln gegenüber Milchrationen und größeren endogenen Verlusten über den Speichel resultieren. Der P- Anstieg im Speichel ist sowohl die Folge einer altersabhängigen als auch einer umstellungsbedingten P- Konzentrationszunahme.

Die P- Ausscheidung im Harn erwies sich sowohl während der Umstellungsphase als auch danach versorgungsabhängig, da bereits geringe P- Zulagen zur Ration zum Anstieg der renalen P- Ausscheidung führten (Versuch I und II).

Verschieden strukturierte Rauhfutterrationen (Langheu bzw. Heumehl, Versuch IV) führten zu keinerlei Unterschieden im P- Stoffwechsel von Wiederkäuern, was mit einem unzureichenden Strukturunterschied zwischen den Rationen in Zusammenhang gebracht wird.

S U M M A R Y

Studies on the phosphorus metabolism during weaning of calves.

On a total of 12 Simmental bullcalves during weaning (from milk replacer to a hay- concentrate diet) some parameters of P (and Ca) metabolism were examined. The experiment (20 weeks) was conducted in 4 separate trials.

The animals (age: approximately 5 weeks; body weight: 63 kg) were kept and fed individually. The daily P and Ca intake was measured. The weaning period lasted 3 weeks for each group.

In trial I (8 weeks) a milk replacer control group was compared with two weaning groups, which differed in their dietary P intake (high P versus normal P).

In trial II (5 weeks) P diet in trial I was adjusted to normal P and vice versa.

In trial III (11 weeks; age: approximately 14 weeks; body weight: 145 kg) the animals fed milk replacer for 9 weeks (trial I) were weaned on a hay- concentrate diet.

In trial IV (7 weeks), the influence of the structure of roughage on P metabolism was tested (long hay versus ground hay).

Ca and P concentration in blood plasma and saliva, glucose concentration in blood, the renal Ca, P and creatinine excretion, as well as the pH value in urine served as experimental criteria. The Na and K concentration of a few saliva specimens were analysed additionally.

In trial I salivary P concentration of the control ani-

mals increased from 8.3 ± 1.1 to only 10.4 ± 0.9 mmol/l. Renal P excretion of these animals was between 15.9 and 33.6 % of the P intake. The pH value in urine was 6.4 ± 0.4 .

Weaning led to a significant ($p < 0.01$) rise in salivary P concentration from 8.1 ± 3.2 to 13.7 ± 3.2 mmol/l. Urinary P excretion of the normal P group decreased from 15.4 to 1.9 % of P intake; in the high P group from 18.8 to 11.7 %. The pH value in urine increased curvilinear ($p < 0.01$) from 6.0 to 8.6.

Weaning in trial III led to comparable changes of the experimental parameters as in trial I (salivary P concentration increased from 4.9 ± 1.3 to 10.8 ± 1.2 mmol/l; renal P excretion decreased from 32.3 to 2.8 % of P intake; pH value in urine increased curvilinear ($p < 0.01$) from 5.9 to 8.6).

Salivary P concentration in normal P groups increased during weaning while plasma P decreased. The reduction of plasma P during weaning can be considered as a result of a reduced availability of dietary P from roughage in comparison with milk replacer and of higher endogenous losses via saliva. The increase in salivary P concentration is age dependent and provoked by weaning.

During the experiment the absolute P excretion depended on the P intake, as it could be observed strongly in milk replacer fed animals but also in weaned calves. Even small supplements to the diet led to an increase in urinary P excretion (trial I and II).

Ground hay did not alter the parameters of P metabolism, tested in comparison with long hay (trial IV). This is traced back to insatisfactory differences in the structure and properties of the different hay batches.

- BALCH, C.C. Observations on the Act of Eating in Cattle
(1958) Brit. J. Nutr. 12, 330 - 345
- BECKER, M. Mineralstoffbedarfsnormen für Rinder
(1971) Landwirtsch. Forsch. 24, 225 - 237
- BERTZBACH, J., HELFERICH, B., PFEFFER, E., W. LENKEIT
(1965) Weitere Untersuchungen über den Einfluß von
natriumarmer Ernährung auf den Stoffwechsel
von Milchkühen
Z. für Tierernährg. und Futtermittelkde.
20, 339 - 361
- BÖHME, H. Untersuchungen über den Säure- Basenhaushalt
(1970) hochleistender Kühe - insbesondere über die
Verschiebung nach der physiologisch sauren
Seite bei hohem Kraftfutterverzehr
Agrarwiss. Diss. Universität Kiel
- BOEHNCKE, E. und J. TIEWS
(1971) Untersuchungen über die renale Phosphataus-
scheidung des Rindes
Landwirtsch. Forsch. 24, 83 - 90
- BOEHNCKE, E. und I. RIEDER
(1974) Untersuchungen zur Kreatininausscheidung
wachsender Mastkälber
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futter-
mittelkde. 33, 268 - 274
- BOEHNCKE, E. Zur renalen Phosphatausscheidung milch-
(1975) ernährter Mastbullen
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futter-
mittelkde. 34, 273 - 281

- BOEHNCKE, E., GROPP, J. und M. WANDL
(1976) Zur renalen Elektrolytausscheidung wachsender Mastkälber
1. Mitteilung: Renale Phosphatausscheidung
Zbl. Vet. Med. A 23, 688 - 696
- BOEHNCKE, E., GROPP, J. und M. WANDL
(1976) Zur renalen Elektrolytausscheidung wachsender Mastkälber
2. Mitteilung: Renale Kalzium- und Magnesiumausscheidung
Zbl. Vet. Med. A 23, 717 - 726
- BOEHNCKE, E., ADAM, G. und J. GROPP
(1977) Der Mineralstoffhaushalt des Mastkalbes
Aktuelle Themen der Tierernährung und Veredlungswirtschaft
Lohmann Tierernährungs GmbH Cuxhaven
- BOEHNCKE, E. und W. SCHNEIDER
(1978) Zur Regulation des Kalzium- und Phosphatstoffwechsels bei Wiederkäuern und Pferd
Übers. Tierernähr. 6, 199 - 220
- BOEHNCKE, E., BEHRENS, W., KRÖLL, H.M., MÜSSIGBRODT, T.
(1979) und W. STUMPF
Verlaufsuntersuchungen zur renalen Phosphat- und Säureausscheidung bei Lämmern und Kälbern unter Praxisbedingungen
Bayer. Landw. Jahrbuch 56, 417 - 425
- BOEHNCKE, E., LANGNER, A. und F. WEISSMANN
(1981) Zum Phosphat- und Natriumstoffwechsel bei Aufzuchtkälbern
Zbl. Vet. Med. A 28, 357 - 365

- BOEHNCKE, E. Zur P- Ausscheidung von Kälbern während
(1981) der Umstellung
Vortrag beim Seminar für Tierernährung
für Tierärzte am 14. - 16. 10. 1981, München
- CARE, A.D., BARLET, J.-P. und H.M. ABDEL-HAFEEZ
(1980) Calcium and phosphat homoeostasis in ruminants
and its relationship to the aetiology and
prevention of parturient paresis
Digestive physiology and metabolism in
ruminants 429 - 446
- CHICCO, C.F., AMMERMAN, C.B., FEASTER, J.P. und B.G. DUNAVANT
(1973) Nutritional interrelationships of dietary
calcium, phosphorus and magnesium in sheep
J. Anim. Sci. 36, 986 - 993
- DE GROOT, TH. and J.H. AAFJES
(1960) On the constancy of creatinine excretion
in the urine of the dairy cow
Brit. Vet. J. 116, 409 - 418
- DE LUCA, H.F. The vitamin D system in the regulation of
(1979) calcium and phosphorus metabolism
Nutrition Reviews 37, 161 - 193
- FARRIES, F.E. und H.J. OSLAGE
(1970) Beiträge zum Stoffwechsel von Kühen im Ab-
lauf von Trächtigkeit und Laktation
3. Mitteilung: Untersuchungen zum Mineral-
stoffwechsel
Landbauforsch. Völkenrode 20, 13 - 24
- FISCHER, W., WAHDATI, A., HAAK, A. und H. SOMMER
(1977) Untersuchungen über den Gehalt an anorga-
nischem Phosphat, Kalzium, Natrium und Ka-
lium im Blutserum von Zuchtbullen
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 84, 253 - 292

- GROPP, J., BOEHNCKE, E., SCHULZ, V., v.SANDERSLEBEN, J.,
(1975) GEISEL, O. und T. HÄNICHEN
Die Wirkung von 17- beta- Östradiol und Tren-
bolon-Acetat in unterschiedlicher Dosierung
auf verschiedene physiologische und morpholo-
gische Parameter (Provokationsversuch)
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futter-
mittelkde. Beiheft 6, 33 - 52
- GROPP, J., BOEHNCKE, E., KÖNIG, K. and A. HINKE
(1981) Dietary overloading of veal calves with
electrolytes: causes and consequences
in: Metabolic disorders in farm animals
S. 215 - 221
D. Giesecke, G. Dirksen, M. Stangassinger eds
Frank OHG, München
- HAFEEZ, H.M. Zitiiert nach Care, A.D., Barlet, J.-P. and H.M.
(1979) Abdel-Hafeez
in: Digestive Physiology and Metabolism in
Ruminants S. 429 - 446
- HAGEMEISTER, H. und W. KAUFMANN
(1970) Der stimulierende Effekt organischer Säuren
und Salze auf die Parotissekretion bei Wie-
derkäuern
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futter-
mittelkde. 26, 258 - 264
- HARRISON, F.A. and K.J. HILL
(1962) zitiert nach Kay, R.N.B.
Proc. Nutr. Soc. 28, 140 - 151

- HAUSSLER, M.R., BAYLINK, D.J., HUGHES, M.R., BRUMGAUGH, P.F.,
(1976) WERGEDAL, J.E., SHEN, F.H., NIELSON, R.L.,
COUNTS, S.J., BUNAC, K.M. and T.A. MC CAIN
The assay of $1\alpha,25$ - dihydroxy- vitamin D_3 .
Physiologic and pathologic modulation of
circulating hormone levels
Clin. Endocrinol. 5, 151 - 165
- HYLDGAARD - JENSEN, J. und M.G. SIMENSEN
(1966) Grutforgiftning hos kvaeg
Nord. Vet.- Med. 18, 73 - 94
- IRVING, J.T. Calcium and Phosphorus Metabolism
(1973) Academic Press, New York and London
- KAUFMANN, W. und A. ORTH
(1966) Untersuchungen über Einflüsse des Futters
und der Pansenfermentation auf die Spei-
chelsekretion
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futter-
mittelkde. 21, 110 - 120
- KAUFMANN, W. und H. HAGEMEISTER
(1969) Das Puffersystem in den Vormägen von Rindern
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futter-
mittelkde. 25, 157 - 168
- KAY, R.N.B. Digestion of protein in the intestines
(1969) of adult ruminants
Proc. Nutr. Soc. 28, 140 - 151
- KAY, R.N.B. and E. PFEFFER
(1970) Movements of Water and Electrolyts into
and from the Intestine of the Sheep
in: Physiology of Digestion and Metabolism
in the Ruminant
Edidet by Phillipson, A.T. Oriel Press

KÖNIG, K. Persönliche Mitteilung
(1982)

KÖNIG, K. und J. GROPP
(1982) Änderung der Phosphorkonzentration im
 Speichel bei milchernährten Kälbern
 Vortrag auf der 36. Tagung der Gesellschaft
 für Ernährungsphysiologie der Haustiere
 24. - 26. 3. 1982, Gießen

LIBISELLER, R. und H. KÖHLER
(1973) Belastungsversuche mit Dikalziumphosphat
 bei Rindern
 Wien. Tierärztl. Mschr. 60, 288 - 295

LOFGREEN, G.P., KLEIBER, M. und J.R. LUICK
(1952) The Metabolic Fecal Phosphorus Excretion
 of the Young Calf
 J. Nutr. 47, 571 - 581

LONG, T.A., TILLMAN, A.D., NELSON, A.B., GALLUP, W.D. and
(1957) B. DAVIS
 Availability of Phosphorus in Mineral
 Supplements for Beef Cattle
 J. Anim. Sci. 16, 444 - 450

MANSTON, R. Investigation of the Effects of Vitamin D₃
(1964) on Calcium and Phosphorus Metabolism in
 Cows, Using Calcium⁴⁵ and Phosphorus³²
 Brit. Vet. J. 120, 365 - 371

MANSTON, R. and M.J. VAGG
(1970) Urinary Phosphate Excretion in the Dairy
 Cow
 J. Agric. Sci. 74, 161 - 167

- MAYER, G.P., MARSHAK, R.R. and D.S. KRONFELD
(1966) Parathyroid Effects on Renal Phosphorus
Excretion in the Cow
Am. J. Physiol. 211, 1366 - 1370
- MAYER, G.P., RAMBERG, C.F. and D.S. KRONFELD
(1968) Parathyroid Influences upon Phosphorus
Balance and Homeostasis in Cows
J. Nutr. 95, 202 - 206
- MEYER, H.
(1971) Zur Beurteilung der Mineralstoff- und
Spurenelementversorgung beim Rind
Mitt. für Tierärzte 24, 3 - 16
- MOOR, J.R., GERBER, H., MARTIG, J. und G. STÄMPFLI
(1975) Normale Serumkonzentrationen von Calcium,
Magnesium und anorganischem Phosphor beim
Simmentalerrind
Schweiz. Arch. Tierheilk. 117, 365 - 381
- MÜLLER, H.
(1982) Studien zum Phosphor- Stoffwechsel milch-
austauschernährter Jungbullen während der
Entwöhnung
Vet. Med. Diss. Universität München
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (N.R.C.)
(1971) Nutrient Requirements of Domestic Animals
Nr. 3, of Dairy Cattle
National Academy of Science, Washington
- NEESSE, K.R. und M. KIRCHGESSNER
(1976) Zur Retention und Verwertung von Mineral-
stoffen beim Mastkalb
Züchtungskde. 48, 108 - 116
- NELSON, T.S., DANIELS, L.B., HALL, J.R. and L.G. SHIELDS
(1976) Hydrolyses of Natural Phytate Phosphorus
in the Digestive Tract of Calves
J. Anim. Sci. 42, 1509 - 1512

- PAYNE, J.M., ROWLANDS, G.J., MANSTON, R. and S.M. DEW
(1973) A statistical appraisal of the results of
metabolic profile tests on 75 dairy herds
Brit. Vet. J. 129, 370 - 381
- PFEFFER, E. Habilitationsschrift, Universität Göttingen
(1968)
- PFEFFER, E. und W. KAUFMANN
(1972) Netto- Bewegung einiger mineralischer Men-
genelemente durch die Wand des Darmes
Fortschritte Tierernährung Beiheft 1 zur
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futter-
mittelkde.
- POTTHAST, V., MOCTAR, M., ABDEL, K. und E. PFEFFER
(1976) Untersuchungen an Hammeln über Sekretion
und Absorption von Speichel- Phosphor
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futter-
mittelkde. 36, 334 - 340
- PRESTON, R.L. und W.H. PFANDER
(1964) Phosphorus Metabolism in Lambs Fed Varying
Phosphorus Intakes
J. Nutr. 83, 369 - 378
- PUSCHETT, J.B., AGUS, Z.S., SENESKY, D. and M. GOLDBERG
(1972) Effects of Saline Loading and Aortic Ob-
struction on Proximal Phosphate Transport
Am. J. Physiol. 223, 851 - 857
- RAUH, H. Calcium- und Phosphorgehalt im Blutserum
(1973) klinisch gesunder und festliegender Kühe
des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim
Vet. Med. Diss. Universität München

- RICKETTS, R.E., WEINMANN, D.E., CAMPBELL, J.R. and
(1970) M.E. TUMBLESON
Effects of Three Calcium to Phosphorus
Ratios on Calcium and Phosphorus Meta-
bolism in Steers, as Measured by Radio-
phosphorus (^{32}P) and Radiocalcium (^{45}Ca)
Am. J. Vet. Res. 31, 1023 - 1026
- ROWLANDS, G.J. Concentrations of glucose, albumin, inor-
(1980) ganic phosphate and sodium in the blood of
beef calves at 2 1/2 months of age and their
relationships with subsequent weight gain
J. Agric. Sci. 94, 95 - 104
- SACHS, L. Angewandte Statistik, 4. Auflage
(1974) Springer - Verlag Berlin Heidelberg New York
- SAID, A.H., ZAKI, K., EL-AZAB, E.A. and M. SHAKER
(1964) Effect of Age, Pregnancy and Certain Patho-
logical Conditions on Serum Levels of Calcium,
Phosphorus, Total Proteins and Protein- Bound
Polysaccharides in Friesian Cattle
Zbl. Vet. Med. A 11, 685 - 691
- SCHNEIDER, M. Physiologie des Menschen
(1973) Korrigierter Nachdruck der 16. Auflage
Springer - Verlag Berlin Heidelberg New York
- SCHULZ, E., OSLAGE, H.J. und R. DAENICKE
(1974) Untersuchungen über die Zusammensetzung
der Körpersubstanz sowie den Stoff- und
Energieansatz bei wachsenden Mastbullen
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futter-
mittelkde. Beiheft 4
- SCOTT, D. Excretion of phosphorus and acid in the
(1972) urine of sheep and calves fed either
roughage or concentrate diets
Q. J. Exp. Physiol. 57, 379 - 390

SCOTT, D. and A.F. MC LEAN

- (1981) Symposium on mineral nutrition of farm
livestock
Control of mineral Absorption in ruminants
Proc. Nutr. Soc. 40, 257 - 266

SEIDEL, H. und R. SEIDEL

- (1977) Theoretische und praktische Aspekte des
Vitamin-D₃-Einsatzes zur Prophylaxe der
hypokalzämisch - hypophosphatämischen
Gebärparese der Milchkuh
Mhefte Vet. Med. 32, 568 - 571

SEUSS, H.

- (1961) Bestimmung der Phosphorresorption aus
Mineralfuttern an Jungrindern und Schafen
nach der Isotopenverdünnungsmethode
Vet. Med. Diss. Universität München

SIGGAARD - ANDERSEN

- (1976) zitiert nach Boehncke, E. und W. Schneider
(1978) Zur Regulation des Kalzium- und Phos-
phatstoffwechsels bei Wiederkäuern und Pferd
Übers. Tierernährg. 6, 199 - 220

SMITH, A.H., KLEIBER, M., BLACK, A.L. and G.P. LOFGREEN

- (1956) Transfer of phosphate in the digestive
tract III. dairy cattle
J. Nutr. 58, 95 - 111

SMITH, A.M., HOLCK, G.L. and H.B. SPAFFORD

- (1966) Calcium, Phosphorus and Vitamin D
J. Dairy Sci. 49, 239 - 243

SPERBER, I. and S. HYDEN

- (1952) Transport of Chloride through the
Ruminal Mucosa
Nature, Lond. 169, 587

- SUTCLIFF, H.S., MARTIN, T.J., EISMAN, J.A. and R. PILCZYK
(1973) Binding of Parathyroid Hormone to Bovine
Kidney - Cortex Plasma Membranes
Biochem. J. 134, 913 - 921
- SYMONDS, H.W. and R. MANSTON
(1974) The Response of the Bovine Kidney to
Increasing Plasma Inorganic Phosphorus
Concentration
Res. Vet. Sci. 16, 131 - 133
- TILLMAN, A.D. and J.R. BRETHOUR
(1958 a) Dicalcium phosphate and phosphoric acid
as phosphorus sources for beef cattle
J. Anim. Sci. 17, 100 - 103
- TOMAS, F.M. and M. SOMERS
(1974) Phosphorus Homeostasis in Sheep I
Effects of Ligation of Parotid Salivary
Ducts
Aust. J. Agric. Res. 25, 475 - 483
- TOMAS, F.M.
(1974 a) Phosphorus Homeostasis in Sheep II
Influence of Diet on the Pathway of
Excretion of Phosphorus
Aust. J. Agric. Res. 25, 485 - 493
- TOMAS, F.M.
(1974 b) Phosphorus Homeostasis in Sheep III
Relationship between the Amount of Salivary
Phosphorus Secreted and the Quantities of
Phosphorus Excreted via the Urine and Faeces
Aust. J. Agric. Res. 25, 495 - 507
- TOMAS, F.M.
(1974) The Influence of Parathyroid Hormone on
the Secretion of Phosphate by the Parotid
Salivary Gland of Sheep
Q. J. Exp. Physiol. 59, 269 - 281

- TOMAS, F.M. Renal Response to Intravenous Phosphate
(1975) Infusion in the Sheep
 Aust. J. Biol. Sci. 28, 511 - 520
- TOPPS, J.H., REED, W.D.C. and R.C. ELLIOTT
(1966) Studies of the metabolism of cattle
 given high-concentrate diets
 J. Agric. Sci. 66, 233 - 239
- TUMBLESON, M.E., WINGFIELD, W.E., JOHNSON, H.D., CAMPBELL, J.R.
(1973) and C.C. MIDDLETON
 Serum electrolyte concentrations, as a
 function of age, in female dairy cattle
 Cornell Vet. 63, 58 - 64
- UNSHELM, J. und D. FLOCK
(1967) Die Konzentration des anorganischen Phos-
 phors und die Aktivität der alkalischen
 Phosphatase im Blutplasma von Rindern in
 Abhängigkeit vom Alter und anderen Ein-
 flußfaktoren
 Zbl. Vet. Med. A 14, 528 - 547
- VOGEL, G.
(1962) Beiträge zur Kenntnis der Nierenphysio-
 logie einiger Haussäugetiere
 Zbl. Vet. Med. Beiheft 3
- WALKER, D.M.
(1972) Calcium and phosphorus retention by the
 milk-fed lamb, with estimates of the
 endogenous losses
 J. Agric. Sci. 79, 171 - 179
- WANDL, M.
(1975) Ein Beitrag zur renalen Elektrolytaus-
 scheidung wachsender Mastkälber
 Vet. Med. Diss. Universität München

7. A N H A N G

Tabelle A. 1: Versuch I (n = 4/ Gruppe)
pH- Werte im Spontanharn

Gruppe Tag	A		B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	5,6	0,2	5,9	0,5	6,0	0,7
4	5,9	0,2	5,7	0,4	6,2	0,9
9	6,7	0,7	6,7	0,5	6,9	0,9
11	6,3	0,4	7,3	0,3	7,1	0,9
16	7,5	0,8	7,9	0,4	7,7	0,8
17	6,4	0,5	8,0	0,4	7,6	1,1
18	6,4	0,6	8,1	0,1	7,8	1,0
19	6,3	0,4	8,0	0,1	7,4	0,7
23	6,6	0,4	7,8	0,2	7,6	0,6
24	6,7	0,2	7,9	0,2	8,0	0,2
25	6,6	0,4	8,2	0,1	7,7	0,9
26	7,1	0,6	7,9	0,2	7,7	1,0
30	6,5	0,1	8,1	0,3	8,5	0,1
31	6,5	0,4	8,0	0,3	8,5	0,1
32	6,6	0,9	8,1	0,3	8,4	0,2
33	6,8	0,3	8,0	0,2	8,1	0,3
37	6,5	0,4	8,0	0,3	8,4	0,3
38	6,4	0,3	8,1	0,2	8,3	0,2
39	6,2	0,2	8,3	0,2	8,5	0,1
40	6,0	0,1	8,0	0,3	8,4	0,1
44	6,3	0,3	8,3	0,3	8,6	0,1
45	6,4	0,2	8,2	0,1	8,6	0,1
46	6,4	0,3	8,2	0,1	8,6	0,1
47	6,4	0,5	8,3	0,1	8,6	0,1
51	6,7	0,8	8,3	0,3	8,5	0,3
52	6,2	0,3	8,2	0,3	8,4	0,2
53	6,0	0,1	8,1	0,2	8,3	0,3
54	6,0	0,1	8,1	0,2	8,6	0,1

Tabelle A.2: Versuch I (n = 4/Gruppe)

Renale P- Ausscheidung in g/Tier und Tag

Gruppe Versuchswoche	A		B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	2,25	0,48	1,26	0,66	1,27	0,45
2	1,44	0,54	2,30	0,79	0,88	0,47
3	2,35	0,86	2,77	0,91	1,41	0,49
4	2,88	(0,12) ¹⁾	2,43	1,42	0,66	(0,42) ²⁾
5	3,50	1,41	2,54	0,85	0,39	0,18
6	4,84	0,96	2,61	0,90	0,29	0,16
7	4,51	1,69	2,00	0,80	0,27	0,28
8	6,90	0,69	3,84	0,77	0,37	0,13

1) n = 2; 2) n = 3;

Tabelle A.3: Versuch I (n = 4/Gruppe)

Renale P- Ausscheidung in Prozent der Aufnahme

Gruppe Versuchswoche	A		B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	33,6	8,7	18,8	10,1	15,4	1,7
2	15,9	6,3	25,2	9,0	11,2	9,1
3	21,2	8,6	24,7	7,8	16,8	10,6
4	22,2	(1,3) ¹⁾	20,3	14,7	5,8	(4,2) ²⁾
5	21,3	7,0	15,7	4,8	3,2	1,6
6	26,8	3,7	14,4	4,1	2,1	1,2
7	25,7	7,9	11,7	5,1	1,9	1,9
8	33,3	1,1	18,8	4,8	2,5	1,0

1) n = 2; 2) n = 3;

Tabelle A. 4: Versuch I (n = 4/Gruppe)

P/Kreatininquotient im Spontanharn (mmol/l:mmol/l)

Gruppe	A		B		C	
Tag	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	4,23	1,01	3,14	1,78	4,00	2,15
4	4,98	1,56	4,72	1,44	4,56	2,13
9	3,45	2,25	3,11	0,73	2,03	0,64
11	4,42	2,73	2,86	0,62	1,34	0,36
16	1,97	0,94	2,78	1,76	2,08	1,63
17	3,68	1,51	2,75	2,10	2,36	2,32
18	4,36	0,66	3,37	2,39	2,42	1,55
19	2,50	0,72	3,14	2,39	1,75	2,14
23	1,57	0,78	4,30	1,93	1,75	1,11
24	3,36	1,03	4,21	0,76	2,09	2,69
25	2,48	0,63	4,86	2,53	2,09	2,65
26	3,84	0,81	5,27	3,20	1,50	2,09
30	2,49	0,82	2,84	1,86	0,33	0,09
31	2,37	0,88	3,51	1,94	0,31	0,16
32	2,81	1,75	4,43	3,72	0,31	0,16
33	3,42	1,38	4,59	2,61	0,57	0,42
37	2,93	0,96	3,30	2,38	0,44	0,26
38	3,35	0,62	3,02	1,68	0,67	0,46
39	3,78	1,18	3,13	1,25	0,35	0,16
40	4,36	1,11	4,58	1,91	0,33	0,09
44	4,86	1,28	4,71	2,05	0,28	0,03
45	3,22	1,67	4,30	2,54	0,38	0,30
46	3,49	1,20	4,34	2,67	0,25	0,07
47	3,50	1,26	3,99	3,01	0,23	0,05
51	3,76	1,13	2,49	1,64	0,29	0,13
52	4,13	0,81	2,98	2,50	0,21	0,15
53	3,75	1,13	4,52	3,15	0,42	0,28
54	4,38	0,66	3,39	1,93	0,20	0,08

Tabelle A. 5: Versuch I (n = 4/Gruppe)

P/Kreatininquotient im Sammelharn (mmol/l:mmol/l)

Gruppe Tag	A		B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
6 - 8	5,35	0,96	3,25	1,48	3,03	0,63
13 - 15	3,13	1,20	4,24	1,58	1,96	1,73
20 - 22	2,99	0,73	4,90	1,71	2,90	1,49
27 - 29	3,03	(0,70) ¹⁾	4,02	2,51	1,38	(0,96) ²⁾
34 - 36	3,50	1,02	4,74	2,35	0,67	0,36
41 - 43	4,42	1,04	4,63	2,16	0,47	0,20
48 - 50	4,01	1,07	3,00	1,18	0,37	0,35
55 - 57	5,28	0,52	5,55	2,07	0,55	0,21

1) n = 2; 2) n = 3;

Tabelle A. 6: Versuch I (n = 4/Gruppe)

Renale Ca- Ausscheidung in mg/Tier und Tag

Gruppe Versuchswoche	A		B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	32	14	20	26	44	26
2	69	48	28	14	45	32
3	162	96	33	9	48	25
4	290	(211) ¹⁾	52	10	156	(103) ²⁾
5	221	69	29	4	132	75
6	334	106	38	12	234	157
7	192	25	59	28	216	120
8	344	293	53	39	114	28

1) n = 2; 2) n = 3;

Tabelle A. 7: Versuch I (n = 4/Gruppe)

Renale Ca- Ausscheidung in % der Aufnahme

Gruppe Versuchswoche	A		B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	0,29	0,12	0,18	0,24	0,31	0,19
2	0,42	0,26	0,19	0,09	0,34	0,32
3	0,89	0,54	0,17	0,05	0,31	0,29
4	1,35	(0,96) ¹⁾	0,23	0,05	0,59	(0,31) ²⁾
5	0,83	0,27	0,11	0,01	0,49	0,21
6	1,15	0,44	0,13	0,03	0,81	0,56
7	0,69	0,14	0,21	0,09	0,72	0,38
8	1,00	0,79	0,16	0,10	0,36	0,08

1) n = 2; 2) n = 3;

Tabelle A. 8: Versuch I (n = 4/Gruppe)

Ca- Konzentration im Speichel (mmol/l)

Gruppe Versuchswoche ¹⁾	A		B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	0,38	0,05	0,32	0,04	0,33	0,10
2	0,28	0,01	0,27	0,03	0,32	0,05
3	0,33	0,04	0,29	0,02	0,30	0,04
4	0,43	0,11	0,33	0,07	0,33	0,09
5	0,26	0,08	0,22	0,05	0,18	0,05
6	0,24	0,07	0,13	0,01	0,14	0,04
7	0,28	0,11	0,18	0,02	0,19	0,06
8	0,31	0,05	0,28	0,10	0,28	0,04

1) ein Wert aus zwei Speichelproben pro Woche

Tabelle A. 9: Versuch I (n = 4/Gruppe)

P- Konzentration im Speichel (mmol/l)

Gruppe Tag	A		B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
3	8,33	(1,12) ¹⁾	5,75	1,46	10,36	2,67
6	8,24	2,31	6,60	1,74	8,65	1,95
10	8,15	1,03	9,61	1,40	15,49	4,29
13	8,23	2,17	13,05	4,12	15,09	2,80
17	6,96	(1,33) ¹⁾	11,44	4,20	12,48	2,52
20	9,53	(4,38) ¹⁾	13,66	1,91	13,12	2,86
24	8,24	2,84	13,37	3,97	13,74	0,87
27	9,28	2,73	13,26	3,44	14,51	4,50
31	9,04	2,52	14,58	5,52	13,62	3,26
34	8,33	2,68	13,81	3,21	10,90	2,57
38	11,50	(2,56) ¹⁾	9,75	1,96	13,13	2,59
39	8,90	(2,26) ¹⁾	12,76	4,87	14,96	5,52
45	8,74	1,85	11,48	2,91	11,03	2,20
48	9,33	1,66	12,18	2,35	12,35	3,20
52	10,74	0,55	9,87	2,33	10,61	1,75
55	10,00	(1,29) ¹⁾	10,74	1,91	12,27	1,80

1) n = 3;

Tabelle A. 10: Versuch I (n = 4/Gruppe)

Ca- Konzentration im Blutplasma (mmol/l)

Gruppe Versuchswoche ¹⁾	A		B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
Versuchsbeginn	2,43	0,11	2,47	0,28	2,39	0,13
1	2,66	0,16	2,69	0,10	2,41	0,31
2 ²⁾	2,51	0,05	2,47	0,12	2,54	0,16
3	2,44	0,18	2,49	0,08	2,45	0,21
4	2,40	0,13	2,39	0,19	2,50	0,14
5	2,12	0,19	2,17	0,14	2,57	0,03
6	2,66	0,31	2,65	0,06	2,77	0,07
7	2,57	0,07	2,61	0,14	2,75	0,09
8	2,63	0,07	2,61	0,28	2,65	0,10

1) ein Wert aus 2 Proben/Woche; 2) ein Wert aus 3 Proben/Woche

Tabelle A. 11: Versuch I (n = 4/Gruppe)

P- Konzentration im Blutplasma (mmol/l)

Gruppe Tag	A		B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	2,41	0,34	2,48	0,13	2,27	0,19
6	2,30	0,24	2,25	0,23	2,30	0,19
8	2,40	0,25	2,48	0,20	2,38	0,24
13	2,56	0,24	2,57	0,17	2,59	0,44
15	2,64	0,19	2,45	0,35	2,25	0,29
17	2,64	0,33	2,69	0,40	2,62	0,31
20	2,79	0,23	2,57	0,41	2,22	0,39
22	2,88	0,22	2,42	0,48	2,32	0,16
27	3,13	0,24	2,88	0,13	2,44	0,22
29	3,13	0,22	2,40	0,24	2,06	0,28
34	3,34	0,11	2,48	0,30	2,07	0,19
36	3,22	0,27	2,40	0,45	2,02	0,20
41	3,11	0,11	2,36	0,09	2,12	0,13
43	3,07	0,18	2,46	0,36	2,27	0,15
48	3,00	0,22	2,41	0,16	2,16	0,09
50	3,14	0,22	2,69	0,07	2,26	0,32
55	3,10	0,16	2,34	0,33	2,20	0,24
57	3,05	0,10	2,48	0,19	2,27	0,31

Tabelle A. 12: Versuch I (n = 4/Gruppe)

Glucosekonzentration im Blut (mmol/l)

Gruppe Tag	A		B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	3,57	0,59	3,48	0,37	3,78	0,75
6	4,11	0,38	4,34	0,42	4,16	0,35
8	3,83	0,55	3,73	0,46	3,61	0,33
13	4,27	0,51	3,40	0,36	3,68	0,36
15	3,85	0,54	3,12	0,17	3,24	0,41
17	4,24	0,54	3,12	0,31	3,11	0,22
20	4,52	0,64	3,42	0,23	3,61	0,46
22	4,48	0,48	3,27	0,14	3,58	0,41
27	4,65	0,34	3,15	0,36	3,40	0,41
29	4,65	0,48	3,52	0,38	3,45	0,48
34	4,73	0,65	3,45	0,13	3,50	0,32
36	4,75	0,37	3,44	0,03	3,55	0,37
41	4,90	0,45	3,35	0,12	3,58	0,35
43	4,77	0,41	3,44	0,11	3,68	0,40
48	4,46	0,67	3,57	0,20	3,61	0,25
50	4,47	0,41	3,43	0,10	3,52	0,52
55	4,70	0,33	3,50	0,22	3,71	0,16
57	4,72	0,36	3,55	0,34	3,70	0,25

Tabelle A.13: Versuch II (n = 4/Gruppe)
pH- Werte im Spontanharn

Gruppe Tag	B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
2	8,1	0,4	8,4	0,1
3	8,3	0,2	8,5	0,1
4	8,6	0,3	8,7	0,1
5	8,6	0,2	8,7	0,1
9	8,4	0,3	8,6	0,2
11	8,3	0,4	8,5	0,2
12	8,5	0,1	8,5	0,2
16	8,6	0,2	8,4	0,1
17	8,3	0,3	8,2	0,3
18	8,6	0,1	8,7	0,1
19	8,4	0,3	8,6	0,1
25	8,6	0,2	8,6	0,2
32	8,6	0,1	8,6	0,2

Tabelle A. 14: Versuch II (n = 4/Gruppe)
Renale P- Ausscheidung in g/Tier und Tag

Gruppe Versuchswoche	B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
Versuchsbeginn	3,84	0,77	0,37	0,13
1	1,22	0,76	1,67	0,90
2	0,80	0,58	2,29	1,74
3	1,03	0,70	2,90	1,17
4	0,53	0,42	2,84	0,73
5	1,49	1,30	3,77	0,68

Tabelle A. 15: Versuch II (n = 4/Gruppe)

Renale P- Ausscheidung in Prozent der Aufnahme

Gruppe Versuchswoche	B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
Versuchsbeginn	18,80	4,80	2,54	1,00
1	7,96	4,97	7,56	4,14
2	5,09	3,71	8,94	7,20
3	6,44	4,34	10,33	4,41
4	3,20	2,55	10,09	2,83
5	8,77	7,65	13,38	2,58

Tabelle A. 16: Versuch II (n = 4/Gruppe)

P/Kreatininquotient im Spontanharn (mmol/l : mmol/l)

Gruppe Tag	B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
2	3,66	2,42	0,66	0,33
3	1,89	1,05	0,57	0,43
4	0,88	0,66	0,85	0,16
5	0,63	0,54	0,80	0,48
9	1,58	1,52	3,02	3,20
11	1,17	1,29	2,08	2,58
12	1,26	1,06	3,08	2,28
16	1,43	1,18	4,70	3,28
17	1,54	1,62	3,05	2,16
18	0,78	0,69	3,54	2,41
19	0,97	0,84	3,72	2,95
25	0,14	0,09	1,00	0,97
32	1,33	1,60	3,97	1,74

Tabelle A. 17: Versuch II (n = 4/Gruppe)

P/Kreatininquotient im Sammelharn (mmol/l : mmol/l)

Gruppe Tag	B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
Versuchsbeginn	5,55	2,07	0,55	0,21
6 - 8	1,68	1,21	2,49	1,66
13 - 15	1,20	0,98	3,54	3,33
20 - 22	1,47	1,20	3,93	2,45
27 - 29	0,73	0,60	3,37	1,33
34 - 36	1,94	1,99	4,33	1,25

Tabelle A. 18: Versuch II (n = 4/Gruppe)

Renale Ca- Ausscheidung in mg/Tier und Tag

Gruppe Versuchswoche	B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
Versuchsbeginn	53	39	114	28
1	91	27	47	6
2	64	29	28	8
3	69	15	36	8
4	120	26	50	9
5	64	5	60	11

Tabelle A. 19: Versuch II (n = 4/Gruppe)

Renale Ca- Ausscheidung in % der Aufnahme

Gruppe Versuchswoche	B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
Versuchsbeginn	0,16	0,10	0,36	0,08
1	0,28	0,08	0,13	0,02
2	0,19	0,09	0,07	0,02
3	0,20	0,04	0,08	0,01
4	0,33	0,07	0,11	0,02
5	0,17	0,02	0,13	0,02

Tabelle A. 20: Versuch II (n = 4/Gruppe)

Ca- Konzentration im Speichel (mmol/l)

Gruppe Versuchswoche ¹⁾	B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	0,18	0,04	0,19	0,02
2	0,15	0,05	0,16	0,04
3	0,14	0,03	0,12	0,01
4 2)	0,35	0,21	0,26	0,03
5 2)	0,28	0,05	0,31	0,07

1) ein Wert aus zwei Speichelproben pro Woche

2) eine Speichelprobe pro Woche

Tabelle A. 21: Versuch II (n = 4/Gruppe)

P- Konzentration im Speichel (mmol/l)

Gruppe Tag	B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
3	6,38	0,95	7,74	3,41
6	7,31	2,31	9,23	2,93
11	6,25	1,70	6,61	2,63
13	6,36	1,62	6,43	0,35
17	7,57	1,31	6,38	0,84
20	10,15	1,47	9,94	3,43
24	8,83	1,03	10,16	1,85
32	8,74	1,82	9,67	1,04

Tabelle A. 22: Versuch II (n = 4/Gruppe)

Ca- Konzentration im Blutplasma (mmol/l)

Gruppe Versuchswoche 1)	B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	2,80	0,15	2,78	0,17
2	2,83	0,04	2,75	0,13
3	2,67	0,08	2,60	0,07
4 2)	2,81	0,07	2,61	0,24
5 2)	2,57	0,16	2,20	0,59

1) ein Wert aus zwei Proben pro Woche

2) eine Probe pro Woche

Tabelle A. 23: Versuch II (n = 4/Gruppe)

P- Konzentration im Blutplasma (mmol/l)

Gruppe Tag	B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	2,48	0,19	2,27	0,31
6	2,19	0,15	2,28	0,41
8	2,45	0,19	2,65	0,15
13	2,36	0,11	2,48	0,36
15	2,37	0,37	2,55	0,56
20	2,38	0,21	2,52	0,20
22	2,75	0,14	2,78	0,15
29	2,42	0,23	2,75	0,23
36	2,42	0,13	2,69	0,14

Tabelle A. 24: Versuch II (n = 4/Gruppe)

Glucosekonzentration im Blut (mmol/l)

Gruppe Tag	B		C	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	3,55	0,34	3,70	0,25
6	3,50	0,26	3,74	0,23
8	3,48	0,19	3,53	0,23
13	3,40	0,22	3,58	0,41
15	3,53	0,22	3,80	0,32
20	3,55	0,34	3,71	0,38
22	3,52	0,25	3,80	0,21
29	3,52	0,14	3,73	0,15
36	3,96	0,15	3,99	0,11

Tabelle A. 25: Versuch III (n = 4)
pH- Werte im Spontanharn

Tag	$\bar{x}$	$\pm s$
1	5,9	0,2
2	6,2	0,5
3	6,3	0,6
7	6,6	0,8
8	6,4	0,5
9	6,9	1,0
10	6,9	0,5
16	7,6	0,6
23	8,0	0,5
30	8,4	0,3
37	8,4	0,2
44	8,6	0,2
52	8,5	0,3
58	8,4	0,2
76	8,4	0,2
78	8,5	0,3

Tabelle A. 26: Versuch III (n = 4)

Renale P- Ausscheidung in g/Tier und Tag
sowie in Prozent der P- Aufnahme

Versuchswoche	g/Tier und Tag		% der P- Aufn.	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
Versuchsbeginn	6,36	1,00	32,3	10,8
1	3,80	0,39	29,8	1,3
2	2,79	0,86	24,6	9,5
3	1,93	1,55	16,2	13,2
4	1,06	0,99	7,6	7,0
5	1,22	0,81	8,5	5,4
6	0,86	1,05	5,2	6,3
7	1,46	(1,07) ¹⁾	8,3	(6,1) ¹⁾
8	1,34	0,44	7,6	2,5
9 ²⁾	1,16	0,77	6,4	4,2
10	1,48	(0,66) ¹⁾	6,2	2,7 ¹⁾
11 ²⁾	0,78	0,53	2,8	1,9

1) n = 3; 2) zwei Sammelharnproben/Tier und Woche

Tabelle A. 27: Versuch III (n = 4)

Renale Ca- Ausscheidung

Versuchswoche	mg/Tier u. Tag		% der Ca-Aufn.		Ca/Kreatininq.	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
Versuchsbeginn	277	229	1,52	1,01	0,32	0,20
1	243	175	1,04	0,69	0,14	0,09
2	82	16	0,37	0,06	0,05	0,01
3	139	84	0,52	0,25	0,08	0,05
4	118	41	0,36	0,10	0,07	0,03
5	165	108	0,51	0,31	0,10	0,08
6	235	127	0,64	0,34	0,15	0,12
7	75	(28) ¹⁾	0,19	(0,07) ¹⁾	0,05	(0,02) ¹⁾
8	239	144	0,60	0,36	0,12	0,07
9 ²⁾	116	54	0,27	0,12	0,07	0,04
10	101	(55) ¹⁾	0,19	(0,10) ¹⁾	0,06	(0,03) ¹⁾
11 ²⁾	98	58	0,17	0,12	0,10	0,09

1) n = 3; 2) zwei Sammelharnproben/Tier und Woche

Tabelle A. 28: Versuch III (n = 4)

Ca- und P- Konzentration im Speichel (mmol/l)

Versuchswoche	Calcium		Phosphor	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1 2)	0,16	0,04	4,90	1,31
2 2)	0,17	0,04	8,10	2,40
3	0,42	0,07	9,35	0,48
4	0,36	(0,07) ¹⁾	10,76	(1,18) ¹⁾
5	0,25	0,06	10,49	1,65
6	0,29	0,07	9,67	2,27
7	0,46	0,27	8,39	1,43
8	0,35	0,07	10,16	1,12
9	0,39	0,12	7,92	0,70
10	0,42	0,16	8,67	0,65
11	0,55	0,23	10,73	1,69

1) n = 3; 2) ein Wert aus zwei Proben/Woche;

Tabelle A. 29: Versuch III (n = 4)

Ca- und P- Konzentration im Blutplasma (mmol/l)

Versuchswoche	Calcium		Phosphor	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
1	2,61	0,07	3,20	0,07
2	2,66	0,03	3,10	0,06
3	2,64	0,18	2,78	0,07
4	2,72	0,13	2,65	0,17
5	2,63	0,07	2,66	0,18
6	2,71	0,09	2,53	0,24
7	2,56	0,09	2,64	0,12
8	2,53	0,12	2,66	0,26
9	2,58	0,07	2,78	0,06
10	2,54	0,14	2,74	0,21
11	2,41	0,12	2,63	0,11

Nach Beendigung dieser Arbeit, ist es mir ein besonderes Anliegen, Herrn Prof. Dr. J. Gropp für die Überlassung des Themas sowie für die allzeit hilfsbereite und unermüdliche Unterstützung, aufrichtigen Dank zu sagen.

Desgleichen bin ich Herrn Dr. K. König für die Betreuung und für die hilfreiche Unterstützung im experimentellen Teil zu besonderem Dank verpflichtet.

Ferner möchte ich Frau Elisabeth Stadler für die technische Assistenz bei der Durchführung der Analysen und Herrn W. Bunge für die praktischen Ratschläge beim Umgang mit den Versuchstieren herzlich danken.

LEBENS LAUF

Am 24. April 1954 wurde ich, Max Feuchter, als Sohn des Zimmermanns Max Feuchter und seiner Ehefrau Anna, geb. Gradenegger, in Hopfengarten, Kreis Ansbach geboren.

Im Herbst 1960 trat ich in Dürrewangen in die Grundschule ein und besuchte ab Herbst 1966 das Gymnasium in Dinkelsbühl. Dort legte ich im Sommer 1975 die Reifeprüfung ab.

Von Juli 1975 bis September 1976 leistete ich meinen Wehrdienst bei der Bundeswehr in Donauwörth.

Im Wintersemester 1976/77 begann ich mit dem Studium der Veterinärmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität in München und bestand dort im November 1981 das Staatsexamen. Die Approbation wurde mir im Februar 1982 erteilt.

